



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERIA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

**PLAN DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN
DE PLÁSTICOS DE LA EMPRESA “INPLA S.A.” A TRAVÉS
DE LA METODOLOGÍA DE SEIS SIGMA**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos
establecidos para optar por el título de:
Ingeniero en Producción Industrial

Profesor Guía:
Ing. Homero Vela

Autor:
Nicolás Rodríguez

Año
2013

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el/la estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Homero Vela
Ingeniero Químico
C.I.: 170388856-8

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

Nicolás Rodríguez
C.I.: 171808441-9

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios, mis padres Iván y Paulina, mis hermanas Carla y Pamela y a mi amigo Pepe H. que con su apoyo incondicional hicieron posible la culminación de la presente tesis.

DEDICATORIA

Dedicado a mi familia que estuvieron siempre presentes tanto en mi vida personal como en mi carrera profesional y en el desarrollo de esta presente tesis.

RESUMEN

La presente tesis se realizó con el fin de reducir los niveles de variación dentro del proceso de producción de plástico de la empresa INPLA S.A.

Este proyecto inicia con una introducción de la reseña historia de la empresa, los valores de la misma y sus principales actividades, también se definen los objetivos generales, el alcance, la justificación y otros detalles muy importantes para la poder realizar este proyecto.

En el segundo capítulo se presenta el marco teórico con la información sobre los términos y conceptos por usar además de la descripción de la metodología y las herramientas a utilizar, para que de esta manera el lector entienda paso a paso este estudio.

El tercer capítulo es el más importante, ya que en este se encuentra paso a paso realizado las etapas del proyecto de mejora a través de la metodología Seis Sigma y siguiendo los pasos DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve y Control) y todas las otras herramientas utilizadas durante el estudio.

En el cuarto capítulo se encuentra el estudio económico del proyecto, con lo posibles resultados que daría si se realizara el proyecto, para de esta forma comparar con la situación actual de la empresa y ver si el proyecto es rentable o no.

ABSTRACT

The present work was performed in order to reduce the levels of variation within the production process of plastic INPLA Company S.A.

This project begins with an introduction to this company's history, the values of itself and its main activities, also defined the general objectives, scope, rationale and other details important to carry out this project.

In the second chapter presents the theoretical framework with information about the terms and concepts used in addition to the description of the methodology and tools to use, so that in this way the reader to understand step by step this study.

The third chapter is the most important, as this is done step by step stages of the project for improvement through Six Sigma and following the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) and all other tools used during the study.

In the fourth chapter is the economic study of the project, with the possible outcomes that would if carried out the project, to thereby compare the current situation of the company and see if the project is profitable or not.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1 MARCO TEÓRICO	9
1.1 GLOSARIO Y TERMINOLOGÍA	9
1.2 METODOLOGÍA SEIS SIGMA	11
1.3 HERRAMIENTAS SEIS SIGMA	17
2 MARCO EMPIRICO	23
2.1 APLICACIÓN DEL MÉTODO DMAIC	23
2.2 DEFINIR (Define)	23
2.2.1 Definir el Enfoque de Mejora	23
2.2.1.1 Definición del Proyecto (Project Charter)	24
2.2.1.2 Diagrama de Pareto	25
2.3 MEDICIÓN (Measure)	38
2.3.1 Mapear el Proceso	38
2.3.2 Definir y Validar el Sistema de Medición	40
2.3.3 Determinar la Capacidad del Proceso	43
2.4 ANÁLISIS (Analyze)	46
2.4.1 Identificación de Causas Potenciales	47
2.4.2 Selección de Causas Especiales	49
2.5 MEJORA (Improve)	51
2.5.1 Generar Posibles Soluciones	51
2.5.2 Implementación de las Mejoras	54
2.6 CONTROL	56
2.6.1 Estandarizar las Mejoras	56
3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	58
3.1 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO	58
3.1.1 Costos de Acciones Correctivas y Preventivas	58
3.1.2 Inversión en la Capacitación del Personal de la Planta	58
3.1.3 Inversión para la Camisa Térmica	59
3.1.4 Ganancias Estimadas por las Acciones de Mejora	60
3.2 CONCLUSIONES DEL SOBRE EL ANÁLISIS DE COSTO- BENEFICIO	62
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
4.1 CONCLUSIONES	63
4.2 RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Localización de la empresa	5
Figura 2	Cronograma del proyecto	8
Figura 3	Pote 500cc	26
Figura 4	Análisis de la varianza de los datos altura total	29
Figura 5	Análisis de la varianza de los datos altura total	30
Figura 6	Análisis de la varianza de los datos altura de cuello	31
Figura 7	Análisis de la varianza de los datos del peso	32
Figura 8	Análisis de la varianza de los datos del diámetro interno	33
Figura 9	Análisis de la varianza de los datos del diámetro de rosca	34
Figura 10	Análisis de la varianza de los datos diámetro de cuerpo	35
Figura 11	Análisis de la varianza de los datos capacidad de rebose	36
Figura 12	Diagrama de Pareto de características.	37
Figura 13	Diagrama de SIPOC del proceso	39
Figura 14	Método de medición del peso.....	40
Figura 15	Método de control de calidad	41
Figura 16	ISOPLOT del peso	43
Figura 17	Capacidad del proceso.....	44
Figura 18	Capacidad real del proceso.....	45
Figura 19	Diagrama de Ishikawa	48
Figura 20	Gráfica de dispersión de peso vs. temperatura	50
Figura 21	Panel de control de la temperatura.....	51
Figura 22	Diagrama de árbol de las posibles soluciones	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Especificaciones del producto	27
Tabla 2	Muestras del producto	28
Tabla 3	Resumen de DPMO	37
Tabla 4	Muestras del peso del pote 500 cc.....	42
Tabla 5	Planes de acción	55
Tabla 6	Análisis de costo por mejora	59
Tabla 7	Flujo de caja	61

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

Perfil de la Empresa

Industria Plástica S.A. (INPLA S.A.) es una empresa manufacturera dedicada a la producción de envases, tapas, taponos plásticos y demás empaques para la industria. Los principales clientes de INPLA cubren las áreas cosméticas, farmacéuticas, alimenticias e industriales.

INPLA CÍA. LTDA. Se inició con un capital de \$ 50.000,00 (sucres) el 11 de Septiembre de 1972, constituyéndose como compañía limitada y su primer domicilio fue en la Plaza Belmonte barrio de San Blas. Fundada por el Sr. Hernán Abuja Sevilla y el Sr. Roque Guarderas Iturralde en calidad de presidente y gerente respectivamente, contaba con cinco trabajadores de planta, poseía dos sopladoras, dos máquinas inyectoras, un molino, dos tanques de agua y un baño comunal.

INPLA CÍA. LTDA. se consolidó en el año de 1976 al realizar la compra de las instalaciones de la compañía AGA DEL ECUADOR, ubicada en las calles Maldonado y Sincholagua #575, las mismas que fueron readecuadas a la filosofía empresarial de INPLA S.A., y donde actualmente funcionan las oficinas administrativas y la planta.

En el año 1981, se modificaron los estatutos de la compañía, tanto capital como identidad jurídica. Se incrementa el capital a \$ 5'000.000,00 (sucres) y deja de ser una Cía. Ltda., convirtiéndose en una sociedad anónima (S.A.).

En el año de 1986, sucedió un cambio estructural y físico de la compañía, sus espacios se readecuaron, se adquirió nueva maquinaria y se agregaron servicios complementarios como el de serigrafía y matricería. Paulatinamente

el esfuerzo administrativo logro aumentar el capital hasta los 1.500'000.000,00 (sucres) en 1991 a través de la reinversión de capital, logrando equipar a la empresa con nuevas máquinas e incrementar la fuerza laboral.

En la actualidad la dirección administrativa está a cargo de la Ing. Lorena Albuja Salazar quien implementa un Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2008 y nuevos objetivos corporativos para alcanzar la excelencia en la industria a través de indicadores financieros y de satisfacción del cliente.

En la actualidad INPLA S.A. cuenta con 65 empleados y un patrimonio valorado sobre los **\$ 3'800.000,00 (dólares)**.

INPLA es una empresa manufacturera que se dedica a la elaboración de tapas y envases plásticos destinados a la industria nacional, cubriendo aéreas como:

- Cosmética, farmacéutica, alimenticia, agropecuaria, lubricantes, entre otras.

Entre los principales clientes de INPLA encontramos a:

- Zaimella del Ecuador, Pinturas Cóndor, Henkel, James Brown Pharma, Solubles Instantáneos, Sabijers, Quala, Ecoenergy, entre otros.

Misión

Ofrecer soluciones de empaque plástico para la industria, apoyándonos en un sistema de gestión de calidad orientado al mejoramiento continuo de los procesos generando beneficios a nuestros accionistas, empleados y proveedores, contribuyendo con el desarrollo de la sociedad.

Visión

En los próximos cinco años ser el proveedor líder de la industria cosmetológica y farmacéutica dentro del Ecuador, satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes mediante la innovación constante de nuestros procesos internos y externos.

Valores de la organización

Trabajo en Equipo: “Lo más importante para el trabajo en equipo es que exista un ambiente en el cual se promueve la innovación, la creatividad y se aliente a dar nuevas ideas. Al motivar los grupos de trabajo por parte de nuestros líderes estamos enseñando que lo más importante es la participación activa en la empresa. Fomentamos la comunicación eficaz a través de una interacción libre”.

Rendimiento de cuentas: “Asumimos con la responsabilidad de nuestros actos y de las acciones y las decisiones que tomamos a diario. De esta forma se crea una disciplina operativa que fomenta la mejora continua lo cual es parte de nuestra cultura”.

La fuerza de Muchos: “Con el fin de ser competitivos abarcamos la diversidad que nos brinda INPLA. Esta organización siempre promueve las oportunidades de que todos contribuyan con su potencial y aprovechen su fuerza laboral”.

Integridad: “Al exigirnos las más altas normas de integridad individual y corporativa. Podemos salvaguardar los activos de la empresa y cumplir con las políticas y leyes que esta misma nos exige”.

Excelencia: “Para seguir mejorando nuestros procesos, productos y nuestra gente nos planteamos desafíos en todo momento. El comprender de mejor forma a nuestros clientes es lo más importante para poder desarrollar el negocio y poder cumplir con los objetivos”.

Seguridad y ambiente laboral: “Lo más importante para nuestra organización son nuestros empleados es por eso que le damos una prioridad a la seguridad en los lugares de trabajo para de esta forma darles tranquilidad tanto a ellos como a sus familias. Es nuestro deber brindar un ambiente seguro tanto a los empleados como a toda persona que entra a la empresa, somos responsables de cualquier de mantener un lugar seguro siguiendo las reglas y las prácticas de seguridad e higiene”.

Lugar de trabajo sin acoso / sin violencia: “Uno de los objetivos claves de es mantener un ambiente de trabajo libre de discriminación, acoso o comportamiento personal que no conduzca a un clima laboral productivo. Estamos firmes en nuestro compromiso de proveer un ambiente de trabajo libre de intimidación, amenazas y actos violentos. Abuso de sustancias, incluyendo el abuso del alcohol, es una seria amenaza a la seguridad, higiene y productividad de nuestra organización, colaboradores y clientes. Cree que sus colaboradores, clientes y accionistas se benefician de un lugar de trabajo libre de abuso de alcohol y drogas”.

Capacidad

La empresa produce diferentes tipos de artículos de plásticos pero la suma total de cada uno de ellos es: 30.742.808,00 piezas plásticas por año.

Localización del Negocios



Marco referencial

En la actualidad la empresa INPLA S.A. tiene índices elevados de variabilidad en el proceso de producción de plásticos, lo cual creó grandes cantidades de desperdicios. Además impide desarrollar un óptimo rendimiento productivo.

Para la solución de este problema se decidió utilizar el método Seis Sigma con el cual se crea un estudio estadístico para la mejora de los problemas de la empresa.

La metodología Seis Sigma es una serie de procedimientos y herramientas, que se enfocan en la reducción de la variabilidad para aumentar el desempeño de los procesos con el fin de incrementar la satisfacción del cliente.

Alcance

El proyecto que se plantea en el presente trabajo de titulación se aplicará en el área de producción de la empresa INPLA S.A en el proceso que genera mayor problema para la empresa, Para poder identificar cual sería este proceso se deberá tomar en cuenta algunos aspectos como: el proceso que esté generando una mayor variabilidad de los productos, el proceso que esté generando un mayor desperdicio y, por último, se deberá tomar en cuenta el proceso que la gerencia solicite.

Justificación

La planeación que se propondrá será sustentada en la metodología de Seis Sigma. Lo que se espera de este proyecto es la detección del proceso que esté generando mayor variabilidad dentro de la producción general. Para así determinar las acciones de mejora y control, con lo que se espera lograr un mejoramiento del proceso.

Objetivo General

Diseñar un plan para el mejoramiento de los procesos de producción de plástico de la empresa INPLA S.A. a través del uso de herramientas estadísticas dadas por la metodología de Seis Sigma.

Objetivos específicos

- Levantar y analizar el flujo de procesos de la empresa.

- Identificar los indicadores de productividad de la empresa.
- Buscar las oportunidades de mejora de la empresa.
- Diseñar a través del análisis de los resultados un plan de mejora de la empresa para subir su productividad a través de la metodología de Seis Sigma.
- Hacer un análisis de costo – beneficio para así comprobar si el plan es rentable.

Metodología a utilizar

Para el análisis del problema planteado se utilizara la herramienta Lean Seis Sigma la cual nos permite seguir una metodología que encamina el estudio y el avance del proyecto con una secuencia determinada "DMAIC", acompañada de varias herramientas de las metodologías Lean y Seis Sigma para el análisis de los procesos y sus mejoras.

1 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta la teoría necesaria relacionada al proyecto de manera que cualquier persona que lo lea pueda entrar en el contexto y entender el proceso que sigue este proyecto de mejora.

En caso de tener alguna duda teórica, el lector puede acudir a este capítulo con el cual podrá despejarla. Además el glosario de términos contiene una explicación básica de la metodología que se utilizará y una breve historia de la misma.

1.1 GLOSARIO Y TERMINOLOGÍA

- Alcance: Es la definición específica que van a afectar a los proyectos y sus resultados de los diferentes departamentos, procesos, etc.
- Analyze: Fase en la cual se analiza detalladamente toda la información necesaria para el proyecto de mejora.
- Black Belt: Persona con un conocimiento alto en la metodología de Seis Sigma, tiene un entrenamiento como facilitador y se dedica tiempo completo a la realización del proyecto.
- Control: Fase en la cual se crea un sistema para que todos los cambios y mejoras que se han tomado como resultado del estudio sigan haciendo y se cumpla con todos los planes.
- Define: Primer fase del proyecto en el cual se define de una manera objetiva y clara las razones y metas, así como otros puntos muy importantes como el alcance del proyecto.

- DMAIC: Una de las metodologías con la cual se desarrolla el Seis Sigma esta nace de los pasos a seguir de la misma.: Definir (Define), Medir (Measure), Analizar (Analysis), Mejorar (Improve) y Controlar (Control).
- DPMO: Defectos por millón de oportunidades.
- Gemba: Palabra japonesa que se refiere al lugar donde ocurre la acción y toman lugar las actividades.
- Green Belt: Persona con conocimiento en la metodología de Seis Sigma y, se dedica a tiempo completo a realizar el proyecto y está bajo la supervisión de un Black Belt
- Indicador Primario: Es el indicador primario para medir la eficacia de un proyecto de mejora.
- Indicador Secundario: Es el indicador secundario para medir la eficacia de un proyecto de mejora.
- Measure: Fase en la cual se crea los sistemas de medición y comprobando herramientas para no tener fallos de medición.
- Improve: Fase en la cual una vez recopilada la información de las otras etapas del proyecto se crean las mejoras para el proceso de estudio.
- Nivel Sigma: Se basa en la distribución normal e indica que por medio de niveles de la cantidad de piezas “buenas que genera un proceso.
- Sigma: Desviación estándar de los datos. Es la distancia que existe entre la media con los datos.

- SPC: es el control estadístico de un proceso, con el fin de detectar eventos que afecten la estadística del proceso se hacen diferentes pruebas de para adquirir datos y gráficos.
- Variación: Fluctuaciones de los datos dentro de un proceso. (iecslearning)

1.2 METODOLOGÍA SEIS SIGMA

Seis Sigma es un proceso para tratar problemas muy complejos y hallar respuestas que no son fáciles de ver. Tiene sus inicios en Motorola como una estrategia de negocio en los años 80's, influenciada por los conceptos de variación de Edward Deming. A partir de ese momento, la metodología se fue perfeccionando y difundiendo, pasando a ser adoptada por varias otras empresas como General Electrics, Sony, FeDex, la NASA y muchos otros.

Seis Sigma es, básicamente, un proceso en el cual se realizan las preguntas necesarias para obtener respuestas tangibles y cuantificables, con lo cual se puede crear planes para poder desarrollar estas respuestas y obtener resultados rentables. Con Seis Sigma se obtendrán resultados financieros superiores a otras estrategias de mejora parecidas. De esta forma la compañía que lo utilice tendrá una ventaja competitiva ante sus competidores de mercado.

Al implementar esta filosofía de trabajo se obtendrá un ahorro en los costos del proceso, aumento de los beneficios, aumento de la productividad, crecimiento de las ventas, productos de alta calidad y procesos más exactos.

Para que la implementación de Seis Sigma sea exitosa es necesario plantearse metas claras, lo cual nos llevará a objetivos MARTE (medibles, alcanzables, retadores, temporales y específicos) y de donde partirá todo el proyecto. Si no se cuenta con objetivos claros los resultados no serán buenos y se perderá tiempo y dinero. Otro punto muy importante que se debe tomar en cuenta

cuando se implementa este tipo de metodologías es que se debe estar abierto a los cambios que se deberán realizar como resultado del estudio. (Barbara Wheat, 2003)

La meta de Seis Sigma es ayudar a las personas a tener procesos más exactos con lo cual se crea productos y servicios con el menor número de defectos posibles, pero sobre todo, y como toda empresa busca, a generar mayores ganancias.

Si bien todo proceso genera sus defectos el fin de esta metodología es llevar un nivel funcional correcto a 99.997 por 100, lo cual para muchos procesos y productos implicaría prácticamente una inexistencia de defectos dentro del mismo. El objetivo que plantea esta metodología muchas veces parece muy lejano para las empresa dado que antes de empezar estos proyectos de mejora muchas veces se tiene un nivel sigma de 1, 2 o 3, sin embargo se debe tomar en cuenta que siempre se debe partir de algún lado para llegar a la excelencia.

Los procesos que menor nivel sigma presentan por lo general son los de servicios y administraciones y son las que más se deberían tomar en cuenta. Un cliente insatisfecho llevará su mala experiencia a 10 personas o más dependiendo de qué tan mala fue. Por otro lado, si su experiencia fue agradable, según estadísticas indican, su satisfacción lo compartirá sólo con 3 personas. Lo cual permite tener una idea bastante clara de la delicada relación que se debe tener con los clientes.

Para que un proyecto de Seis Sigma tenga efecto se debe tener la total confianza de la alta dirección para llevarlo a cabo, pues sus decisiones van a tener un papel crítico dentro del desempeño del proyecto.

Los planes de acción que salen como fruto de las ideas de mejora de los procesos que surgen del Seis Sigma pondrán más responsabilidades a las líneas de producción, por lo que es muy importante que se explique a todo nivel de la empresa lo que se hará y los objetivos deseados.

Para la implementación sistematizada del proyecto de mejora se utilizará el método de DMAIC, así llamado por la abreviación de sus siglas en inglés. Las letras de su nombre se derivan de sus cinco etapas principales los cuales están conformados por varios sub pasos y varias herramientas que potencializan el resultado de cada etapa.

Las herramientas analíticas de apoyo deben ser seleccionadas de acuerdo con la necesidad, para ayudar al análisis y la toma de decisiones en cada etapa del proyecto.

Define

Esta etapa inicial consiste en definir el proyecto de mejora, nos permite tener una visión clara del proyecto y nos lleva a entender claramente las necesidades del cliente.

La etapa Define está basada en tres sub pasos.

- Definición del enfoque de mejora. El tema debe ser de real importancia para la satisfacción del cliente y debe estar expresado de manera específica.
- Identificar características críticas, consiste en encontrar y explicar los requisitos y datos sobre la satisfacción de clientes relevantes para el tema de mejora. A estos parámetros de la satisfacción del cliente se los conoce como CTS (Critical to Satisfaction) los cuales son una función de las CTY (Critical to Product) que son los parámetros del producto, los cuales a su vez son función de las CTX (Critical to Process), que hacen referencia a los parámetros del proceso. Cada una depende de las características críticas y de estas depende la satisfacción del cliente.
- Formular objetivo de mejora. La definición del objetivo de mejora es la base del proyecto, ya que a partir de ahí se lo va a desarrollar y cada una

de las etapas siguientes estará basada en este tema central. Para definir el objetivo de mejora no es aconsejable marcar metas numéricas ya que estas tienden a limitar la mejora o al contrario frustrar al equipo de trabajo por “malos resultados”.

Measure

Etapa que consiste en medir los parámetros para desarrollo del proyecto, sus pasos son la descripción más clara de lo que encierra esta fase.

- Mapear el Proceso, en este paso se busca conocer y entender el proceso en el que se va a trabajar. Para ello se detalla los suministradores, entradas, el proceso y sus actividades, las salidas y sus clientes.
- Definir y validar la solución, consiste en determinar las variables que serán medidas en el proyecto y fijar bajo qué sistema de medición se realizará, también se determina la forma de recolección de los datos, el método de medición, el cual se lo valida junto a las herramientas utilizadas para las mediciones.
- Determinar la estabilidad/capacidad del proceso. Se evalúa el desempeño del proceso y se analiza la variabilidad y las tolerancias especificadas. De esta forma, dependiendo de si la variabilidad del proceso causa o no que el resultado del mismo salga de los límites especificados, se determina si el proceso es capaz o no y se determina el nivel de capacidad en el que se encuentra.
- Confirmar el objetivo del proyecto de mejora. Con todos los datos obtenidos en esta etapa, se confirma la relación de la variable medida en las CTX, CTY y CTS correspondientemente. De acuerdo con la información obtenida se confirma o mejora el objetivo del proyecto y los parámetros medidos.

Con esta etapa logramos tener una visión clara del proceso y conocemos el comportamiento y estado del mismo, seleccionamos las variables de respuesta del proyecto, junto a un sistema de medición.

Antes de pasar a la siguiente etapa, es posible implementar mejoras rápidas (Kaizen), las cuales no requieren de muchos recursos ni tiempo de implementación.

El simple hecho de estar en el gamba obteniendo datos y una visión más detallada del proceso, muestra algunas oportunidades de mejora que pueden ser efectuadas de forma inmediata y fácil sin requerir de mayor análisis. (Moura, 2010)

Analyze

Este es un paso muy importante en el proceso DMAIC ya que aquí se analizan todos los datos recolectados en las etapas anteriores, teniendo como resultado el conocimiento del problema mucho más profundo. Después de este análisis es posible tener identificadas las fuentes de variación estudiadas y empiezan a ser notorias varias oportunidades de mejora.

- Identificar causas potenciales. Se utiliza el know-how y varias herramientas de análisis para investigar la relación de causa efecto y para mediante el análisis de mediciones; validar o refutar las hipótesis planteadas.
- Seleccionar las causas primarias. Una vez validadas las causas planteadas, se prioriza y cuantifica el efecto que éstas tienen ante el problema de variación encontrado; seleccionando aquellas que se va a atacar para dar solución a este problema.

Improve

Fase que se desglosa en tres sub fases, con las cuales se busca plantear una solución eficaz para alcanzar el objetivo de mejora y tener un plan detallado para la implementación de estas soluciones. Las sub fases que se sigue para lograr este objetivo son:

- Generar soluciones conceptuales para el tratamiento de las causas seleccionadas, buscando reducir la variabilidad del proceso y lograr un desempeño consistente del mismo. Se debe poner énfasis en la mayor cantidad posible de soluciones potenciales para cada causa primaria.
- Seleccionar e integrar las acciones de mejora. Con todas las soluciones potenciales levantadas, se debe evaluar críticamente y priorizar las soluciones, de acuerdo a criterios pre-establecidos. Después de esto se seleccionan las mejores soluciones, buscando combinarlas en un plan de mejora completo y consistente.
- Validar las soluciones revisando críticamente el plan de mejora, identificando riesgos potenciales y definiendo contramedidas, que se agregan al plan de implementación. También se realizan pruebas piloto y se evalúa la nueva capacidad del proceso comparando las medidas efectuadas al comienzo del proyecto y evaluando la eficiencia del estudio.

Control

La última etapa del DMAIC. Para cerrar el proyecto de mejora se debe antes asegurar que todos los resultados obtenidos se mantengan con el paso del tiempo, para esto es necesario:

- Estandarización de las mejoras realizando el plan de implementación de la solución incorporando las mejoras obtenidas al proceso. Se debe

evaluar los detalles necesarios para lograr implementar las soluciones a nivel global.

- Finalizar el proyecto de mejora. Se resume los resultados obtenidos, planteando los pros y contras de la implementación. A través de un informe se documentan los resultados y el know-how alcanzado por el objetivo.

Por último se divulga y comunica el éxito del proyecto y se busca la posibilidad de implementar proyectos similares, en otros procesos con el fin de conseguir iguales o mejores resultados.

Siguiendo todos estos pasos y sub pasos, el método DMAIC permite desarrollar proyectos de análisis con exitosos resultados sin dejar de lado ninguno de las partes importantes de un proyecto de mejora y reducción de variación.

Seis Sigma busca no solo la calidad del producto también la calidad del servicio. Por esto un producto en perfecto que se entrega tarde no sirve. (Moura, 2010)

1.3 HERRAMIENTAS SEIS SIGMA

Según el tipo de análisis y la fase de DMAIC en la que estemos trabajando, existen distintas herramientas que nos ayudan a tener un mejor desarrollo de cada etapa, de una forma ordenada y siguiendo un cronograma de trabajo para de esta forma tener una estructura del proyecto y ver como cada herramienta nos van dando información fundamental para los siguientes pasos del proyecto.

A continuación se encuentra una descripción de las herramientas que se usan en el desarrollo de este trabajo de titulación, para de esta forma el lector tenga una idea clara de cómo funcionan y que información nos dan.

Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es un método de análisis que estudia las causas de un problema y separarlas en las más importantes y las triviales. Su nombre nace por el economista Wilfredo Pareto un economista Italiano del siglo XVII, Wilfredo se dio cuenta que el 80% de la riqueza de una sociedad pertenecía solamente al 20% de las familias, es por esto que también se lo conoce el gráfico el 80 – 20 ya que el 80% de los problemas son provocados por 20% de las posibles causas. Con este método se puede determinar la causa clave de un problema dejando a un lado a las de menor importancia que no va a llevarnos a un cambio significativo del problema. Con este diagrama se estudia las causas de un problema pero a su vez es el comienzo para estudiar los efectos que estos tienen para poder enfocarnos en los que más importan.

El diagrama de Pareto es utilizado en muchos proyectos de mejora y el Seis Sigma es uno de ellos. Nos sirve para que todos los involucrados cooperen y creen un mejor trabajo en equipo y una vez construido el mismo cualquier persona puede entender cuáles son las causas principales. Como otras herramientas estadísticas el diagrama de Pareto cuantifica con objetividad la magnitud real de los problemas, dándonos un punto de partida para reducirlos. Así mismo una vez que se han realizado las mejoras este diagrama nos permite evaluar objetivamente las mejoras logradas comparando el diagrama inicial, observando la disminución de la altura de la barra correspondiente al punto seleccionado, de esta manera facilita a la dirección evaluar los resultados del proyecto.

Para crear un diagrama de Pareto se debe seguir los siguientes pasos:

- Definir el problema. Obtener objetivos claros para de esta forma seguirlos.
- Una vez planteados los problemas decidir qué información vamos a necesitar para poder construir nuestro diagrama.

- Construir una hoja de verificación bien diseñada para la colección de datos que identifique tales factores.
- Si la información no se es tomada de inmediato si no por reportes anteriores, definir el periodo preciso que se tomaron para evitar errores.
- Al terminar de obtener datos, construir una tabla donde se cuantifique la frecuencia de cada defecto, su porcentaje e información relevante con respecto a cada defecto que nos pueda ayudar en un futuro.
- Con la información anterior podemos crear nuestro diagrama de Pareto con un software para estudios estadísticos o herramientas prácticas como Microsoft Excel. (Fundibeq)

Diagrama de SICOP

El diagrama SIPOC su nombre nace de sus siglas en ingles S de Supplier, I de Inputs, P de Process, O de Outputs y C de Customer, este diagrama nos da una representación gráfica de un proceso de gestión, de esta manera podemos entender de una manera más sencilla un proceso y sus partes implicadas en el mismo. Lo cual es crucial para mejorar un proceso ya que si no lo entendemos en su totalidad no podremos mejorarlo y de ser necesario cambiarlo. Las partes que lo conforman son:

- Supplier (proveedor): persona u organización que da los recursos al proceso
- Inputs (recursos): todo lo que se necesita para efectuar el proceso. Se entiende como recursos todo lo que es información, materiales e incluso, personas.
- Process (proceso): conjunto de actividades que transforman las entradas en salidas, dándoles un valor añadido en el camino.

- Customer (cliente): la persona u organización que recibe las salidas del proceso. Para que el proceso sea exitoso el cliente debe quedar satisfecho.

Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa o también conocida como Causa – Efecto o diagrama de espina de pescado por su estructura. Fue creado en el año 1943 por el licenciado en química japonés Dr. Kaoru Ishikawa. Es una herramienta que nos da una representación gráfica de la relación entre un efecto y sus factores, así ayudándonos a evidenciar, identificar y clasificar posibles causas de problemas.

Este diagrama nos permite concentrarnos en el problema y sus contenidos, manteniéndonos enfocados de una forma objetiva de la misma sin tomar en cuenta cualquier interés personal que se podría presentar durante el desarrollo por parte de los que forman parte del grupo, además nos ayuda a crear una participación grupal con lo cual se obtienen un mayor aprovechamiento del conocimiento individual de los integrantes del equipo de mejora.

Para entender de mejor manera el diagrama de Ishikawa se basa en un plano horizontal el cual representa el problema principal que será el foco de estudio para analizar, y este se escribe a la derecha a su vez de este nacen diferentes ramas que serán sus causas raíces que puede ser 4M (Máquina, Método, Materiales, Mano-de-obra) o para estudios más detallados también se utiliza 6M (Máquina, Método, Materiales, Medición, Medio Ambiente y Mano-de-obra) y de esta forma estudiar posibles efectos de las mismas.

Esta herramienta será mejor aprovechada si el problema a analizar esta mejor localizado y delimitado teniendo un horizonte claro de a donde se quiere llegar. De esta manera podemos identificar de manera clara las fuentes de la variabilidad y de nuestros problemas. Es muy importante que se tenga una fuente confiable de la información para la construcción del mismo.

Árbol de Causa Efecto

Es una herramienta muy parecida a Diagrama de causa efecto. Y su análisis se basa en el mismo fin analizar las causas raíces de un problema para permitimos estudiar varias posibles variables al mismo tiempo.

Gráfico de Correlación

El gráfico de correlación nos permita hacer una comparación de dos factores que están relacionados simultáneamente en un proceso. Para poner entender el nivel de relación que tiene estos dos factores se realiza un plano cartesiano o gráfica en la cual se mediante los ejes X y Y son representados por las variables. Una vez realizado el plano la gráfica se debe visualizar con un grupo de puntos dentro del plano formado. Si los puntos siguen algún patrón bien definido o siguen una misma tendencia, es que probablemente existe un tipo de relación entre las variables. Así mismo si los puntos estás dispersos por todo el plano sin indicios de relación quiere decir que las variables no están relacionadas.

Estos son algunos de los patrones que se pueden identificar cuando se lee la gráfica:

- Correlación positiva: cuando al crecer la variable Y, crece la variable X.
- Correlación negativa: cuando al decrecer la variable X, crece la Y o viceversa.
- Sin correlación: todos los puntos dispersos en la gráfica no se encuentra un orden o patrón.
- Relaciones especiales: cuando los puntos en un diagrama de dispersión están colocados de tal forma que representa un patrón, por ejemplo, una parábola.

- Puntos aislados: Son los puntos que no se encuentran dentro de la gráfica una vez que ya se encontró la tendencia de la misma. Cuando se encuentra este tipo de datos se recomienda encontrar su fuente para ver si son casos aislados o un problema mayor. (Moura, 2010)

2 MARCO EMPIRICO

2.1 APLICACIÓN DEL MÉTODO DMAIC

Una de las formas de implementación de la metodología de Seis Sigma es siguiendo los pasos estructurados de DMAIC, esta forma de implementación es una herramienta de calidad basada en estadística, que da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora.

2.2 DEFINIR (*DEFINE*)

Para definir el objetivo del proyecto se usó dos herramientas que permiten enfocar y formular con claridad el objetivo de mejora en el que estará basado.

El Project Charter nos permite detallar los objetivos generales, responsables y restricciones potenciales a surgir en el avance del proyecto.

Por otro lado se aplica un Análisis de Pareto, con el fin de poner un ojo crítico en las condiciones actuales relacionadas al proyecto, y así enfocar todos los esfuerzos a las variables que realmente lo requieren.

2.2.1 Definir el Enfoque de Mejora

Primero se definirá el enfoque del proyecto de mejora, para esto se utilizaran dos herramientas ya nombradas, las cuales son el Project charter y el diagrama de Pareto.

2.2.1.1 Definición del Proyecto (Project Charter)

Objetivos

- Estudiar los flujos productivos e identificar acciones potenciales de mejora dentro del proceso de producción de envases plásticos de la empresa INPLA.
- Reducción del nivel de variación de los procesos de producción.

Metodología Propuesta

- Metodología Seis Sigma- DMAIC

Equipo de Trabajo

- *Champion*: Nicolás Rodríguez
- *Leader*: Nicolás Rodríguez
- *Team Members*: Ricardo Ochoa, Fabian Maza.

Contexto

- Altos niveles de variación dentro de los procesos.

Ámbito de Trabajo

- Actuar en WIP (working In process)
- Actuar en Producto Terminado

Análisis de Riesgo

- Falta de datos reales

- Influencia de factores externos (disponibilidad y variabilidad de los factores a analizar.)

Indicadores de Desempeño

- Niveles de variación
- Desechos por millón.

2.2.1.2 Diagrama de Pareto

El diagrama facilita el estudio comparativo de numerosos procesos dentro de las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales, como se puede ver en el ejemplo de la gráfica al principio del artículo.

Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos. (2.2.1.2)

Para este análisis se toma los datos de las tomas de muestras que se realiza en INPLA S.A. dependiendo en los turnos de producción. Como los datos de las características tienen diferentes unidades de medida se llevó a una misma medida que sería las partes por millón de los defectos producidos. Para esto se realizó un análisis de la varianza de los datos de cada una de la característica que se miden al realizar una toma de muestra del producto.

Se habló con la alta directiva de INPLA S.A. para saber cuál de sus productos sería su preferencia en el estudio, y dado que QUALA es un cliente que abarca el 45% de su producción total, se pidió que se haga énfasis en los productos que son destinados para esta empresa.

El producto que más se vende a Quala es el FCO POTE GEL 500 CONICO que consta de un recipiente plástico de 500 CC. Las características que se

miden dentro de una toma de muestra de este producto son: peso, altura total, altura de cuello, diámetro interno, diámetro de rosca, diámetro de cuerpo y capacidad de rebose.



Figura 3. Pote 500cc

En la siguiente tabla se mostrar los requisitos del cliente con respecto a las diferentes características antes nombradas del producto, de esta forma sabremos cuales son los niveles de variación de los datos actuales con respecto a los requeridos.

Tabla 1. Especificaciones del producto

		CERTIFICADO DE ANALISIS	
F-PR.06 (10/2010)			
REFERENCIA	FCO POTE GEL 500 CONICO # 1	CLIENTE	QUALA
MATERIAL TIPO	PVC EN06 1805 MCO	FECHA CONTROL	07/06/2012
TOTAL UNIDADES: 2200	UNDS POR LOTE:	060612-S6-2	2200
COLOR	TRANSPARENTE	UNDS POR FONDA / CAJA	110

VARIABLES DIMENSIONALES	ESPECIFICACIÓN		ENCONTRADO
ALTURA TOTAL (mm)	105,2	± 0,4	-
ALTURA CUELLO (mm)	14,3	± 0,3	-
Ø INTERNO (mm)	76,5	± 0,3	-
Ø ROSCA (mm)	86,4	± 0,3	-
Ø CUERPO (mm)	92	± 0,3	-
PESO (g)	35,5	± 1,0	-
CAPACIDAD (ml)	560	±2,0	-

ATRIBUTOS		
RESISTENCIA	IT. PR- 04	-
HERMETICIDAD	IT. PR- 06	-
TRANSPARENCIA/TONALIDAD	IT. PR- 02	-
ESTABILIDAD	IT. PR- 02	-
ADHERENCIA	IT. PR- 05	-
AJUSTE DE TAPA/TAPÓN	IT. PR- 02	-
ESTADO DE ROSCA	IT. PR- 02	-
DUREZA	IT. PR- 02	-

PROCESO COMPLEMENTARIO

OBSERVACIONES:

Nota: Estas son las especificaciones para el producto, de tal forma que al tomar los datos reales podemos comparar para ver la variación que existe de los mismos.

Tomada de: Departamento de calidad de la empresa INPLA S.A.

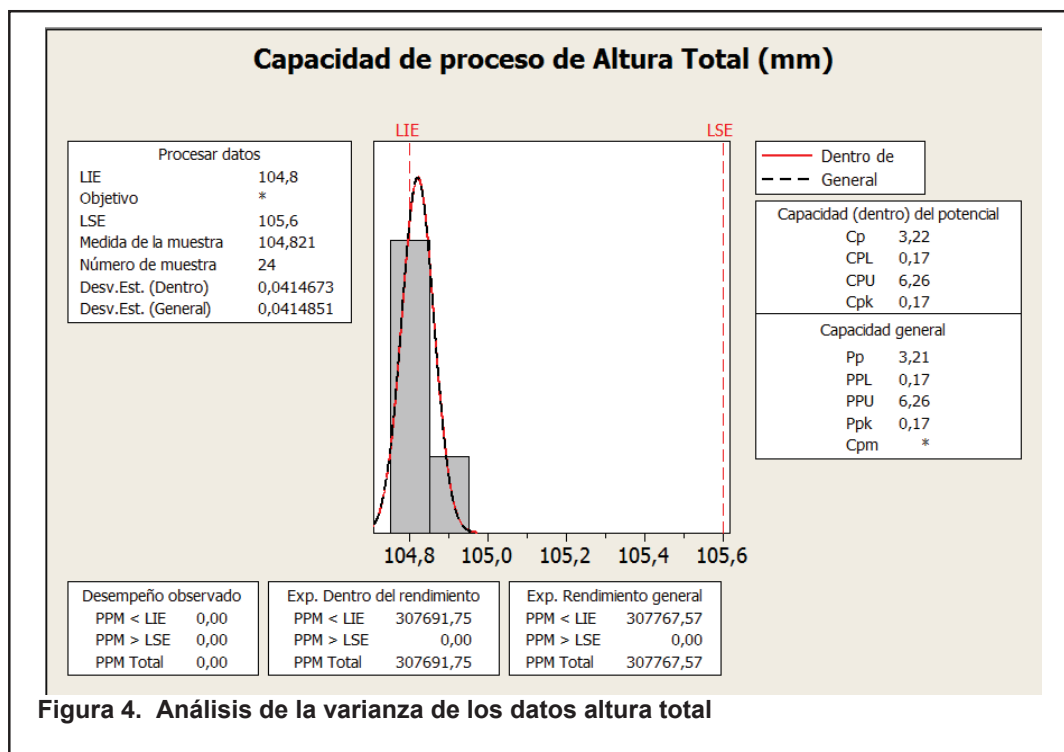
A continuación se muestran los datos de la toma de muestras.

Tabla 2 Muestras del producto

Peso (g)	Altura Total (mm)	Altura de Cuello (mm)	Ø Interno (mm)	Ø Rosca (mm)	Ø Cuerpo (mm)	Capacidad. Rebose (ml)
36,2	104,8	14,1	76,2	86,2	92,1	558
35,8	104,8	14,4	76,2	86,1	92	560,2
35,6	104,8	14,3	76,4	86,4	92,1	558,2
35,4	104,9	14,4	76,5	86,3	92	558,1
35,3	104,8	14,3	76,2	86,3	92	559,6
35,5	104,8	14,2	76,3	86,1	92	558,6
35,4	104,9	14,4	76,5	86,4	92,1	558,6
35,4	104,9	14,2	76,4	86,3	92,1	559,6
36,2	104,8	14,1	76,3	86,2	92	559,1
35,8	104,8	14,2	76,4	86,1	92	559,6
35,7	104,9	14,3	76,3	86,4	92	558
35,4	104,8	14,2	76,4	86,4	92	559,2
35,6	104,8	14,3	76,3	86,4	92,1	558,3
34,8	104,8	14,2	76,3	86,4	92,1	560,7
36	104,8	14,2	76,4	86,3	92,1	559,4
34,5	104,8	14,3	76,3	86,2	92,1	558,8
35,6	104,8	14,4	76,4	86,4	92,2	559
34,7	104,8	14,2	76,4	86,4	92,1	561,1
36,1	104,8	14,5	76,3	86,3	92	560,7
34,9	104,8	14,3	76,3	86,2	92,1	559,3
35,7	104,8	14,2	76,4	86,3	92,2	558,8
34,7	104,8	14,2	76,4	86,4	92,1	560,4
36	104,8	14,4	76,3	86,3	92,1	559,8
34,5	104,9	14,2	76,3	86,2	92,1	558,6

Con estos datos se hizo el análisis de la varianza de los mismos para ver cómo se comportan estos procesos y las partes por millón de los defectos de cada uno. Los resultados de los mismos son:

Altura Total:



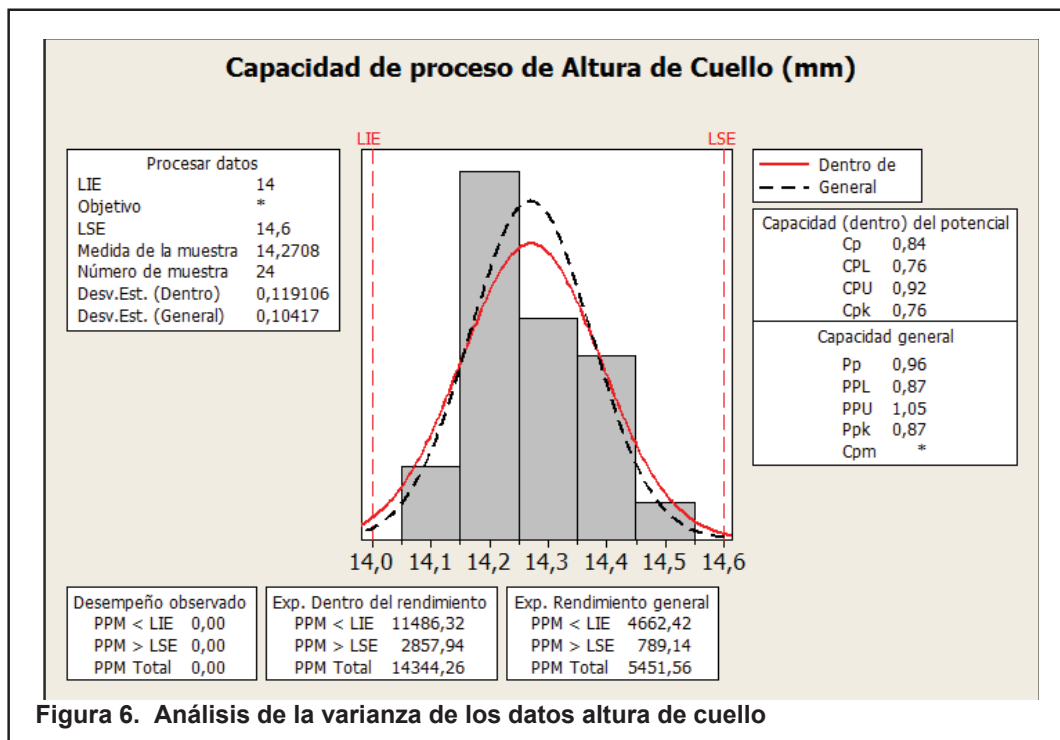
DPMO Total: 307767

Nivel sigma: 2.02

Desviación estándar: 0.4148

La figura 4. muestra un desplazamiento de la media tendiendo al límite inferior, sin embargo la variación de los datos no son altos por lo tanto este desplazamiento puede ser una problema puntual del batch. Para comprobar esto se realizará una nueva prueba con respecto a la altura total, para así comprobar si es un problema que persiste o simplemente puntual.

Altura de Cuello



DPMO Total: 5451

Nivel Sigma: 3.14

Desviación Estándar: 0.10417

La figura 6. muestra una varianza de los datos, sin embargo los datos todavía están dentro de los límites de aceptación.

Peso

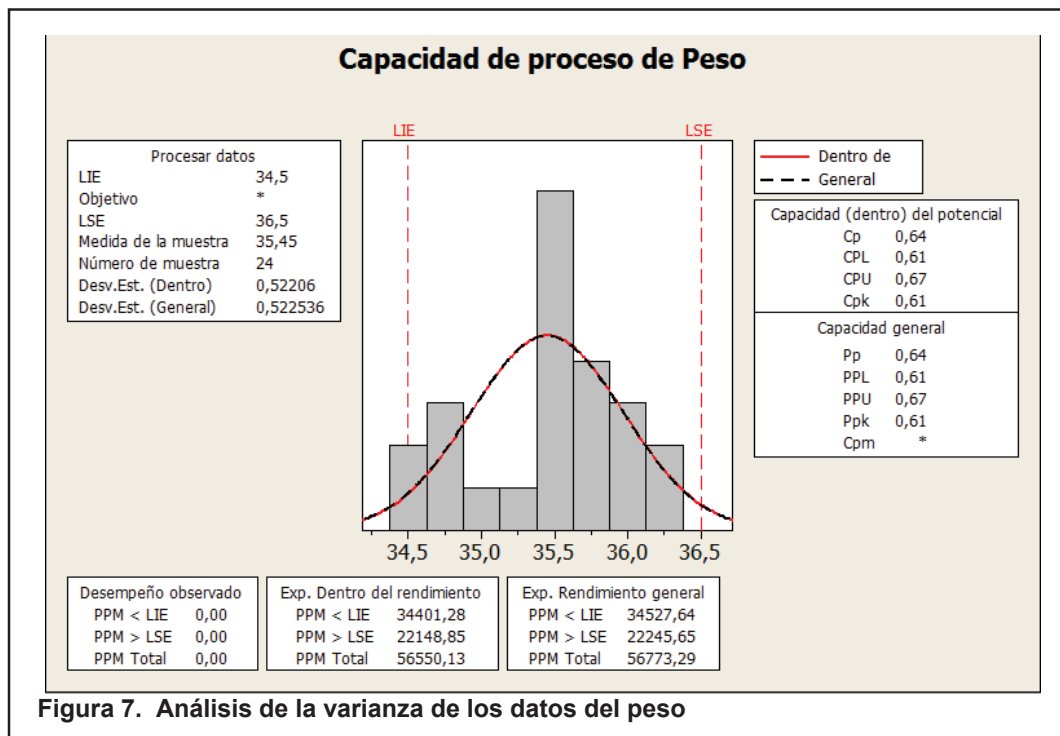


Figura 7. Análisis de la varianza de los datos del peso

DPMO Total: 34527

Nivel Sigma: 3.38

Desviación Estándar: 0.5225

La figura 7. muestra una ligera tendencia hacia el límite inferior izquierdo de la curva, además de una alta variabilidad de los datos.

Diámetro Interno

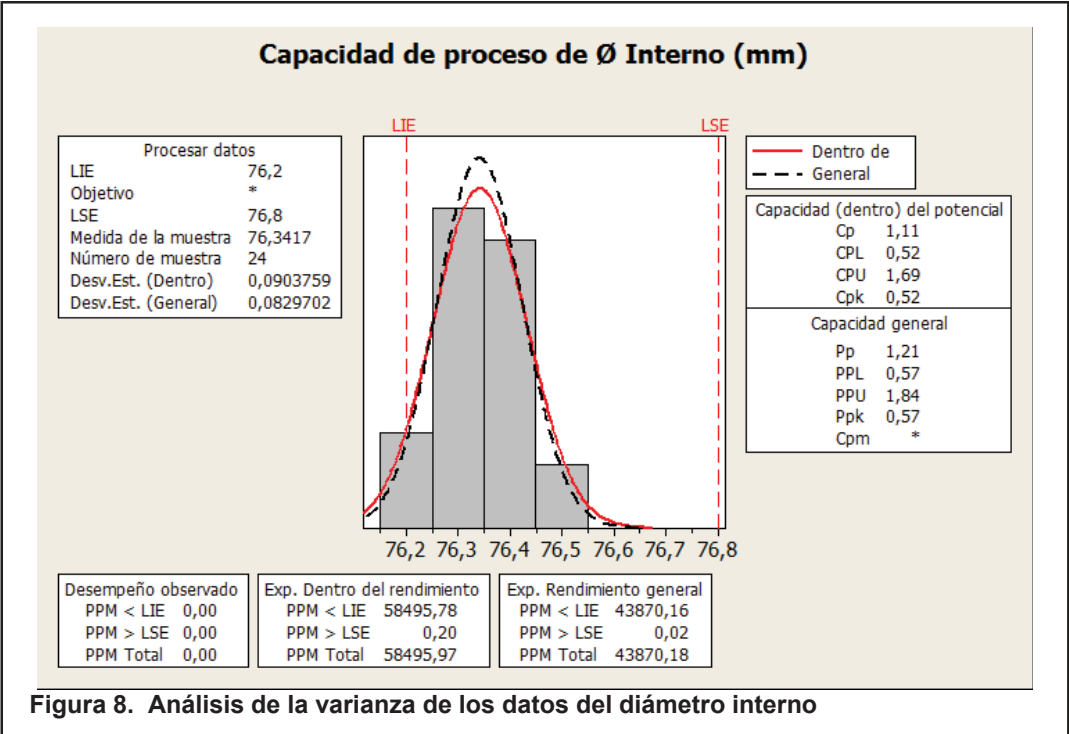


Figura 8. Análisis de la varianza de los datos del diámetro interno

DPMO Total: 43870

Nivel Sigma: 3.25

Desviación Estándar: 0.0829

La figura 8. muestra un desplazamiento de la curva hacia el límite inferior izquierdo, sin embargo la dispersión de los datos no es alta por lo que seguramente el proceso no tiene problemas críticos.

Diámetro de Rosca

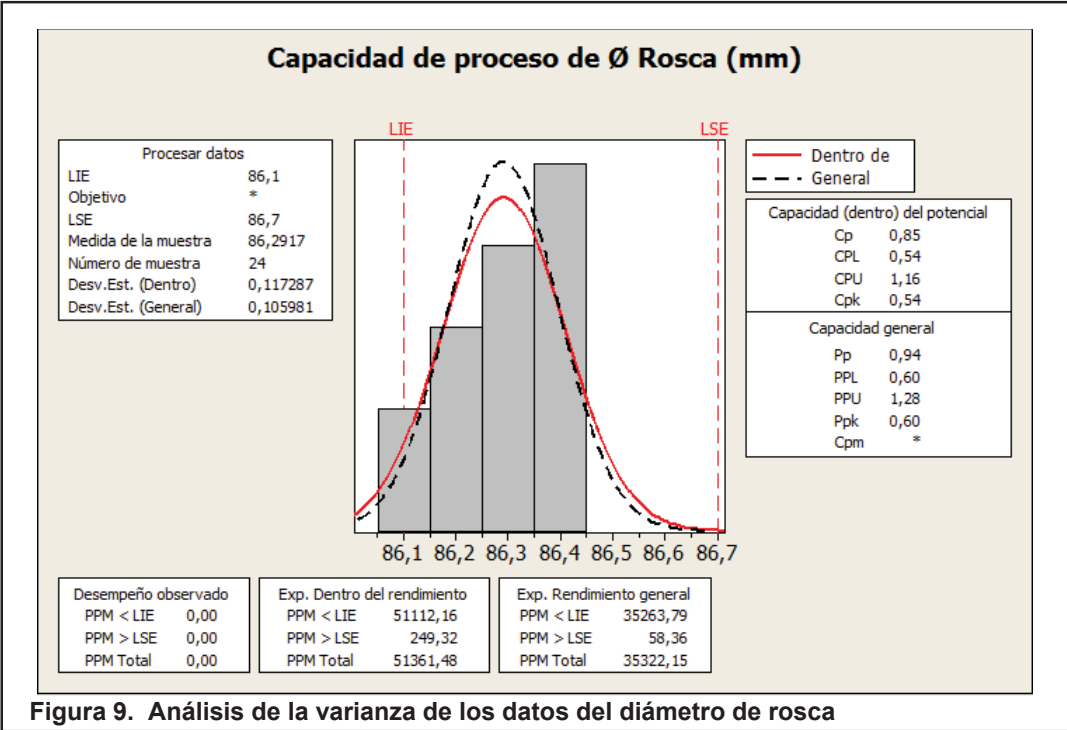


Figura 9. Análisis de la varianza de los datos del diámetro de rosca

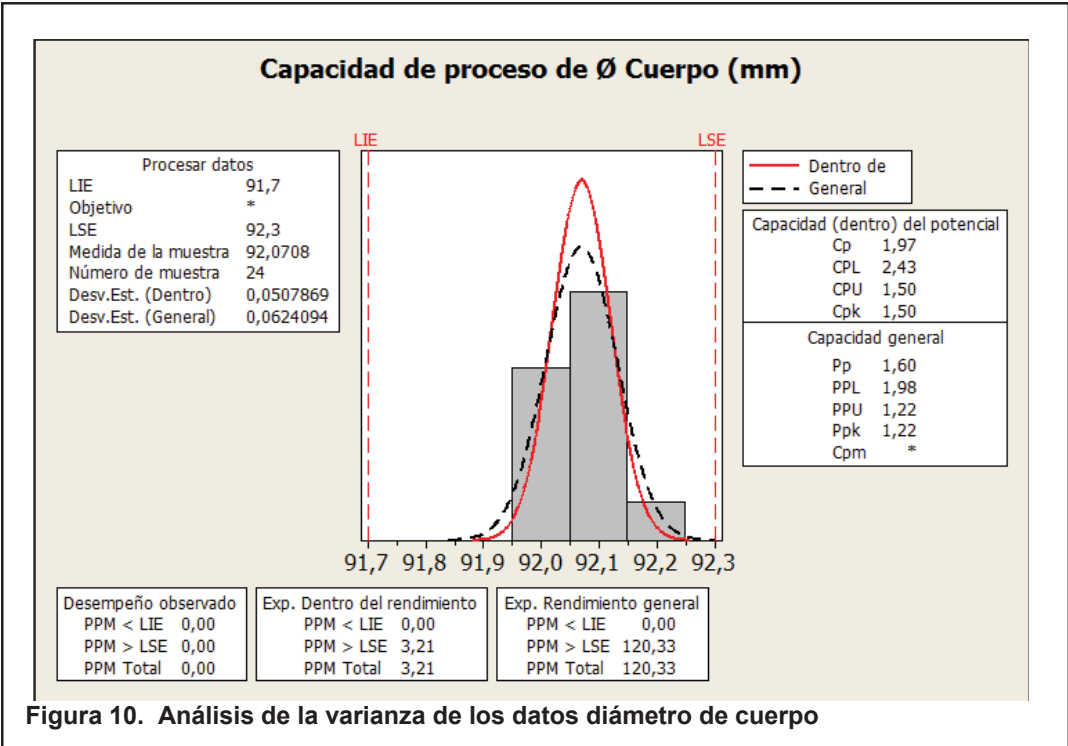
DPMO Total: 35322

Nivel Sigma: 3.32

Desviación Estándar: 0.10598

La figura 9. muestra un desplazamiento de la curva hacia el límite inferior izquierdo, sin embargo la dispersión de los datos no es alta por lo que seguramente el proceso no tiene problemas críticos.

Diámetro de Cuerpo



DPMO Total: 120

Nivel Sigma: 5.22

Desviación Estándar: 0.0624094

La figura 10. Muestra que los datos tiene una baja variación por lo que el proceso el proceso está bajo control y no es un proceso crítico para mejora.

Capacidad de Rebose

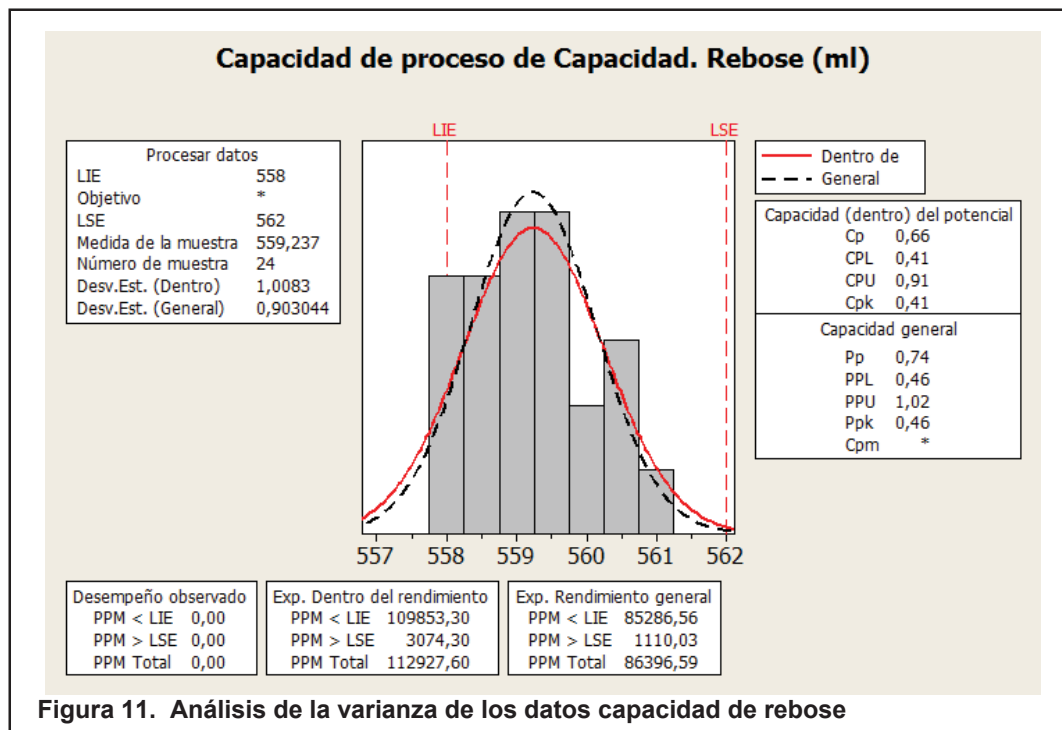


Figura 11. Análisis de la varianza de los datos capacidad de rebose

DPMO Total: 86396

Nivel Sigma: 2.84

Desviación Estándar: 0.903044

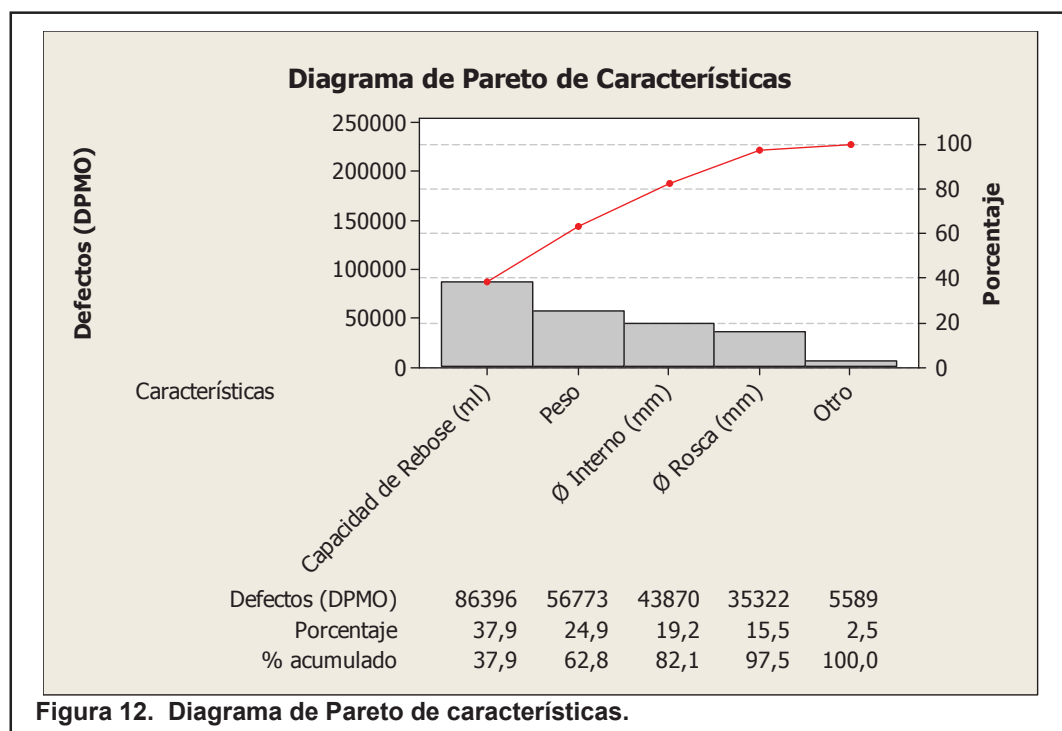
La figura 11. muestra que los datos de la capacidad de rebose tienen una alta variación por el tamaño de la curva, además que tienen una tendencia hacia el límite inferior izquierdo.

Una vez que tenemos los defectos de cada proceso se crea una tabla en la cual se resume las características con su respectivo DPMO.

Tabla 3 Resumen de DPMO

Características	Defectos
Peso	56773
Altura Total (mm)	18
Altura de Cuello (mm)	5451
Ø Interno (mm)	43870
Ø Rosca (mm)	35322
Ø Cuerpo (mm)	120
Capacidad de Rebose (ml)	86396

Una vez que se tiene los datos se puede crear un Diagrama de Pareto con los defectos de cada proceso, de tal forma que sabremos cual característica del producto es el que defectos genera, por lo tanto el que más problemas da al proceso.



Como podemos observar las características que más alto número de defectos tiene son: Capacidad de rebose y peso; pero capacidad de rebose y peso son los que sobresalen en número de defecto sobre las demás, por ello se

concentró en la parte del proceso que nos da la característica de la capacidad de rebose y peso. Al comentar estos resultados a las altas direcciones de la empresa se optó por realizar un estudio solo sobre del peso del producto, ya que, es una característica crítica tanto para el cliente como para la empresa, por ello el estudio se realizará enfocándose en estos dos aspectos del producto pote 500 cc del cliente Quala.

2.3 MEDICIÓN (*Measure*)

En esta etapa, se identificará el estado y las condiciones en las que se encuentran los procesos tomados en cuenta en este proyecto, que fueron definidos en la etapa anterior del DMAIC.

Se buscará identificar los pasos del proceso para encontrar puntos de mejora y determinar cómo se encuentran inicialmente. También se validará el sistema de medición y las herramientas usadas para tomar las medidas y se determinarán las condiciones que caracterizan los procesos.

Todos estos datos ayudan a confirmar o redefinir el objetivo de mejora y marcan un punto de partida del proyecto. Esto nos permite establecer un camino a seguir más preciso y tener un conjunto de datos e indicadores a comparar al final del proyecto para así evaluar la efectividad de la implementación.

2.3.1 Mapear el Proceso

Para poder entender de mejor manera el proceso, su flujo y como está determinado, se creara un diagrama SIPOC del proceso, para poder encontrar posibles puntos de mejora.

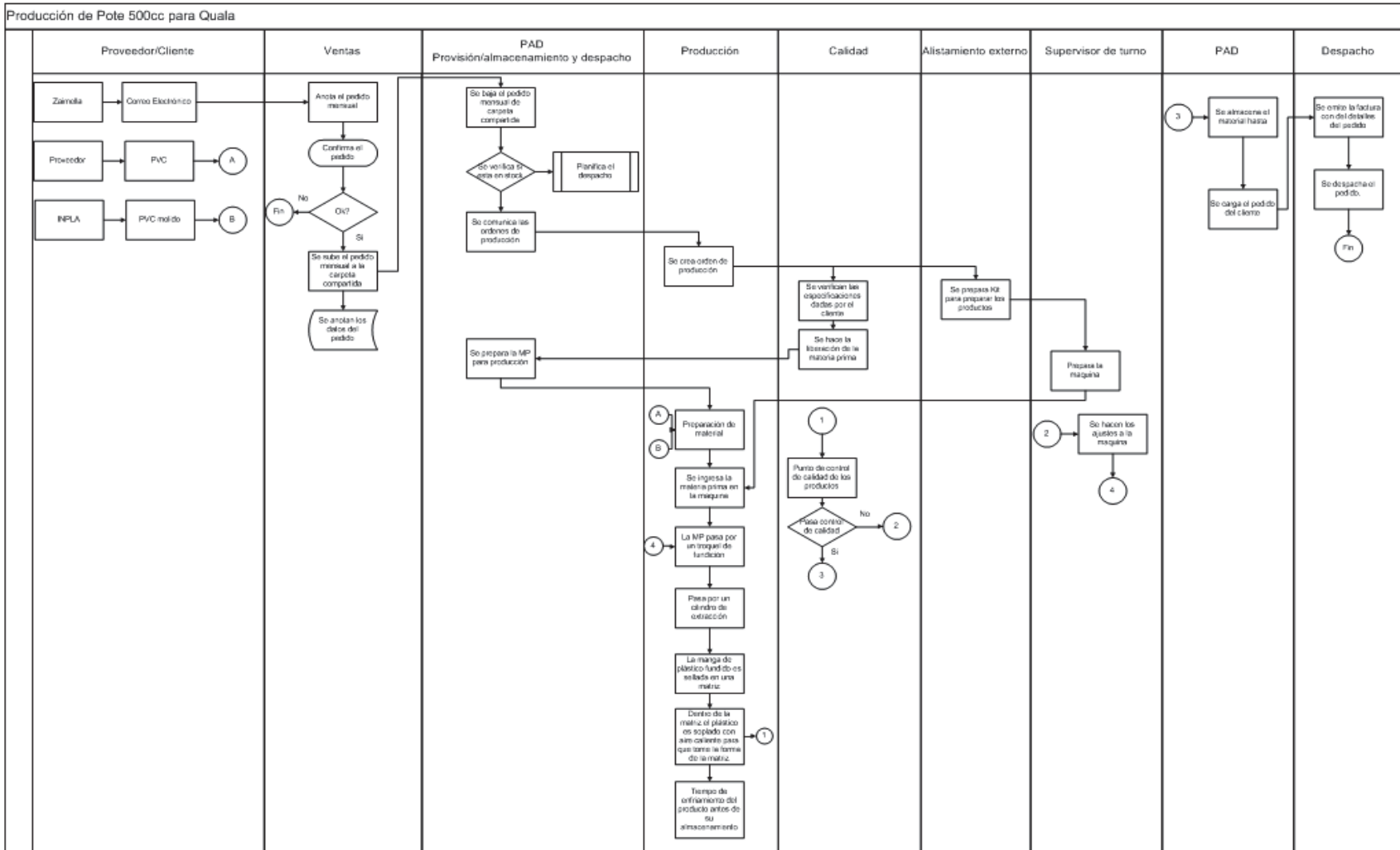


Figura 13. Diagrama de SIPOC del proceso

En el diagrama se explica el flujo de producción del producto desde la orden del cliente hasta el despacho final. Como se puede ver hay puntos críticos para la producción como son, el manejar de manera eficiente las especificaciones del cliente, ya que si no se tiene claro lo que quiere el mismo, no se sabe dónde se tiene que mejorar ni qué puntos son los de más importancia para la satisfacción de este. En el flujo del proceso se tiene un control de las especificaciones por parte del departamento de calidad con el cual se asegura que se va a producir lo requerido. Una vez que se tiene el producto final se tiene otro punto de control para así asegurar que se cumplan con los parámetros de calidad acordados con el cliente.

2.3.2 Definir y Validar el Sistema de Medición

La medición del peso de los pots actualmente se la realiza a través de una balanza electrónica; El procedimiento la realiza un operador de la calidad que realiza varias pruebas de calidad del producto.

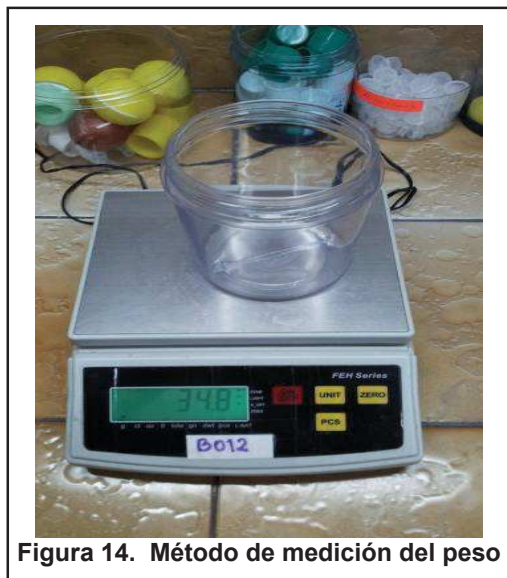


Figura 14. Método de medición del peso



Para asegurarse de que las mediciones son correctas se utilizará el ISOPLOT que es una herramienta con la cual se puede verificar si la forma de medición es de confianza o no.

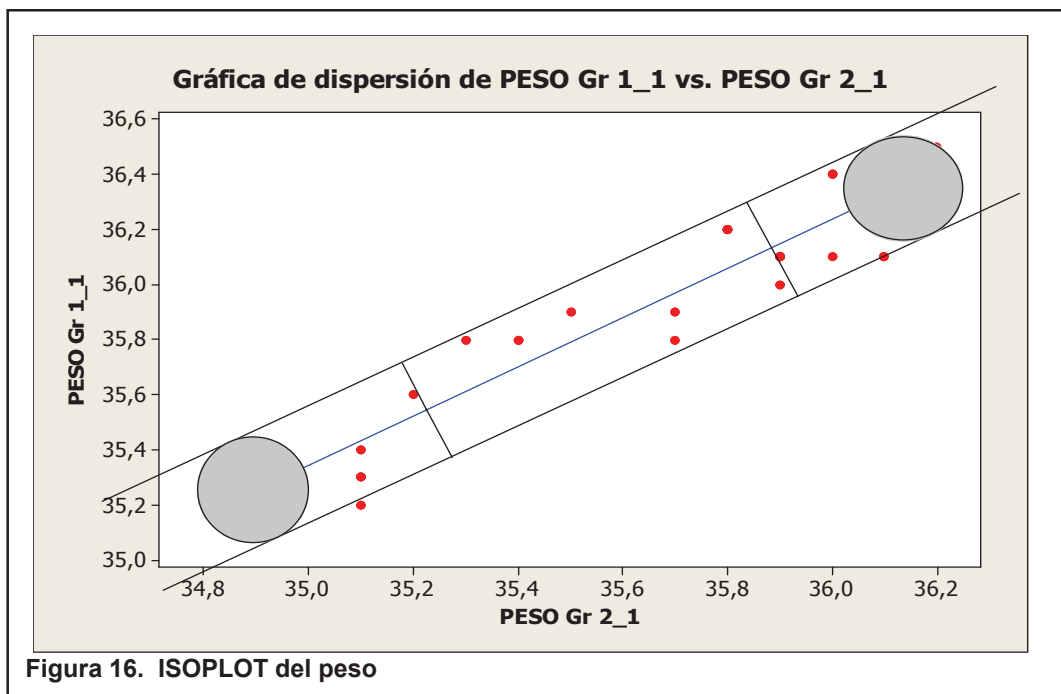
Para esta prueba se tomarán 30 muestras y se sacará las medidas del peso de las mismas. Para garantizar la prueba, se tomará por segunda vez la muestra pero de una forma aleatoria para así eliminar el error en la toma de muestras.

Los criterios de aceptación de esta gráfica son medidos a través del diámetro de la “salchicha” (ΔM) y la longitud de la misma (l); para que la forma de medición sea aceptada la división de la longitud para el diámetro tiene que ser mayor a 8.5. Lo que nos dice esta relación es que máximo debe existir una variación del 10 al 12 por ciento entre las mediciones. Es una herramienta usada durante muchos estudios de variación confirmando su eficiencia para el cálculo comprobando que el 10% de variación es una tolerancia eficaz para la aceptación del estudio.

Tabla 4 Muestras del peso del pote 500 cc

Muestra	PESO Gr 1	PESO Gr 2
Muestra 1	35,3	35,6
Muestra 2	36,1	35,1
Muestra 3	36,1	34,8
Muestra 4	35,8	35,4
Muestra 5	35,9	35,2
Muestra 6	36,1	35,4
Muestra 7	35,8	36,2
Muestra 8	36,2	35,1
Muestra 9	36	35,8
Muestra 10	36,2	36
Muestra 11	36,1	36,2
Muestra 12	35,9	35,3
Muestra 13	36,4	35,4
Muestra 14	35,8	35,2
Muestra 15	36,1	35,8
Muestra 16	36,4	35,2
Muestra 17	36,5	35,6
Muestra 18	36,5	35,2
Muestra 19	36,1	35,6
Muestra 20	36,4	35,1
Muestra 21	36,1	35,2
Muestra 22	36,2	35,4
Muestra 23	36,2	36,2
Muestra 24	35,3	35,1
Muestra 25	35,4	35,8
Muestra 26	35,2	36
Muestra 27	35,8	35,2
Muestra 28	35,2	35,3
Muestra 29	35,6	34,8
Muestra 30	35,2	35,6

ISOPLOT



$$\Delta M = 1.5$$

$$I = 13.1$$

$$I/\Delta M = 8.73$$

Como la división es mayor a 8.5 se sabe que la forma de medición de los controles de calidad son de confianza y los datos sacados para las tomas de muestra son correctas.

Una vez que tenemos todos los datos de la condición actual del proceso, se sabe el flujo del mismo y que las herramientas y métodos de medición son de confianza.

2.3.3 Determinar la Capacidad del Proceso

Es fundamental saber cómo está la capacidad actual del proceso, ya que así se podría comparar en un futuro la capacidad después de las mejoras realizadas pondrán y ver si el proyecto cumple con las expectativas.

La idea consiste en extraer muestras del proceso productivo que se está estudiando y, a partir de las mismas, generar gráficos que permitan estudiar la variabilidad del mismo como comprobar si los productos obtenidos cumplen o no con las especificaciones preestablecidas. En caso de apreciar en tales tendencias no aleatorias o bien muestras que se sitúen más allá de los límites de control y consideraciones que muestren que el proceso se encuentra fuera de control.

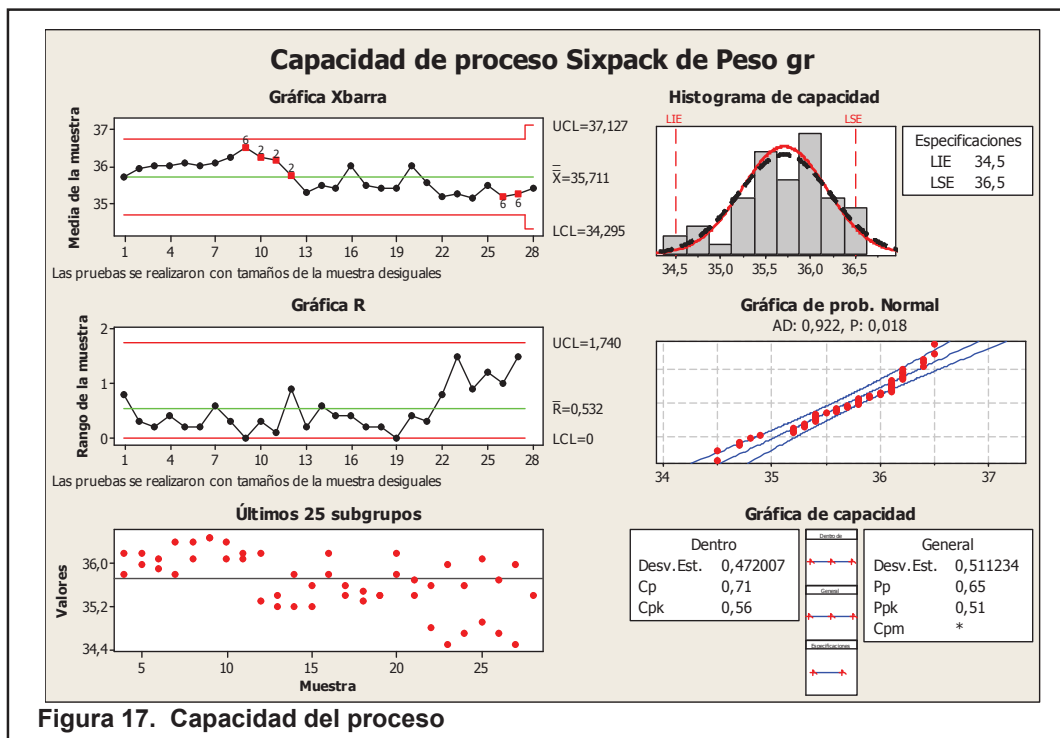
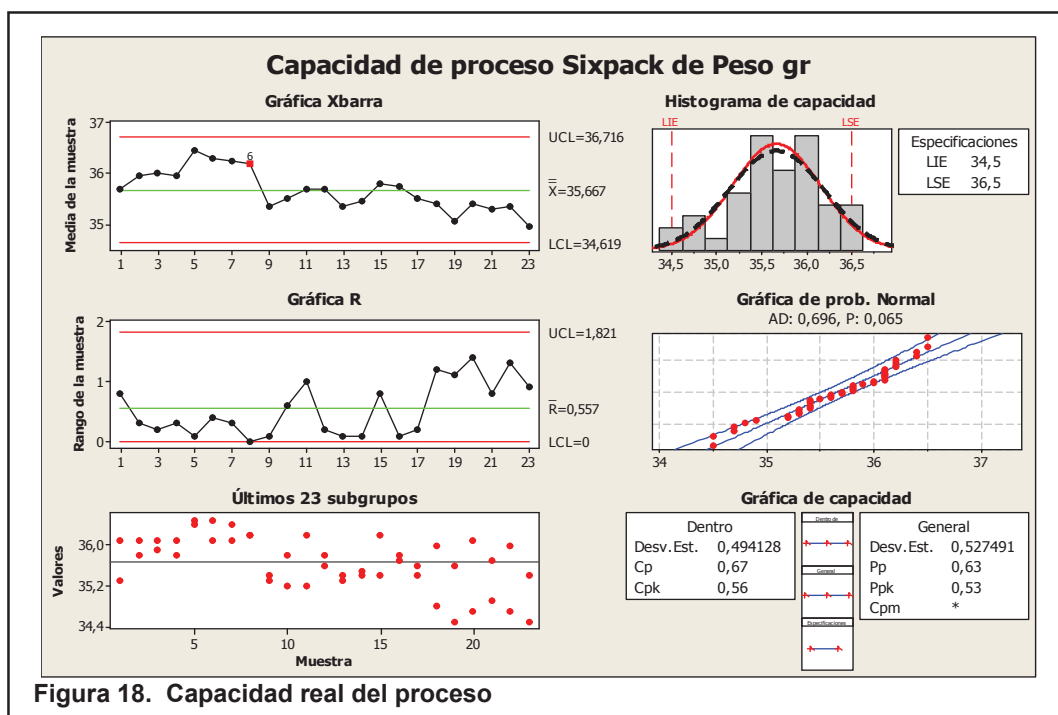


Figura 17. Capacidad del proceso

La figura 17. representa gráficamente las características actuales de calidad del proceso.

En la primera gráfica X barra tiene una línea central que simboliza el valor medio de la característica de calidad. Finalmente dos líneas: una superior y una inferior que representan los límites de la tolerancia de las muestras. Estos límites se crean tras un acuerdo entre la empresa y el cliente. Un gráfico de X barra contiene las medias muestrales de la característica que se estudia (en este caso el peso del pote 500cc), por lo que mediante él podremos detectar

posibles variaciones en el valor medio de dicha característica durante el proceso. Como podemos observar en el proceso existe una variación del mismo y puntos que no pasaron la prueba como son los puntos 6 y 2 los cuales sugieren la existencia de causas especiales en el proceso.



Se eliminaron la mayoría de las causas especiales de los datos sin embargo existe una causa especial que es propia del proceso normal y se la va a tomar en cuenta para el análisis de capacidad del proceso.

La figura 18. es un gráfico de control para rangos muestrales. Es también utilizado para medir la variación de un proceso. Lo que nos muestra al grafica R es que el proceso no es muy estable, ya que los puntos no se encuentran distribuidos entre la media, si no tiene agruparse en el límite inferior y después la tendencia cambia y sube bruscamente lo cual mostrar la inestabilidad del mismo.

El estudio con desviación estándar también se tomó en cuenta, este es una prueba aparte que demuestra otro tipo de estudio (no solo enseña si es que es

un punto fuera del comportamiento del proceso, si no, que muestra el nivel de variación que hay entre un punto y otro que puede estar entre un punto y otro).

El histograma de capacidad del proceso nos indica que los datos están “normalizados”. Por lo tanto, los índices de capacidad obtenidos serán válido, sin embargo la variación de los mismos son altos y la curva sale de los límites de aceptación del mismo.

Capacidad del proceso (Cpk) el indicador Cpk no muestra si el proyecto es capaz o no. Lo que muestra el Cpk del proceso es si la curva de proceso es capaz de entrar en los límites impuestos y cuantas curvas van a entrar en los límites, es por eso que cuando el Cpk es igual a dos quiere decir que dos curvas entran en los límites y que el proceso es extremadamente capaz. Los parámetros de aprobación son:

- $Cpk < 1$ Proceso incapaz
- $1 < Cpk < 1,33$ Parcialmente capaz
- $1,33 < Cpk < 2$ Proceso capaz
- $Cpk > 2$ Extremadamente 1 capaz

Por lo tanto podemos ver que el proceso no es capaz, ya que el $Cpk = 0,53$, valor muy inferior al valor de referencia de 1,33.

2.4 ANÁLISIS (*Analyze*)

En esta fase se tiene el fin de determinar las causas potenciales que provocan los altos niveles de variación del peso del producto para así estudiarlas y poder fijar formas para reducir estas variaciones

2.4.1 Identificación de Causas Potenciales

A continuación se elaborará un diagrama de causa efecto a través de mediante un diagrama de Ishikawa o también conocido como diagrama espina de pescado, el cual nos permite analizar varios aspectos por separado y con esto plantear distintos problemas que pueden ser encontrados. El fin de este análisis es encontrar puntos críticos dentro del proceso que son los que causan los niveles altos de variabilidad.

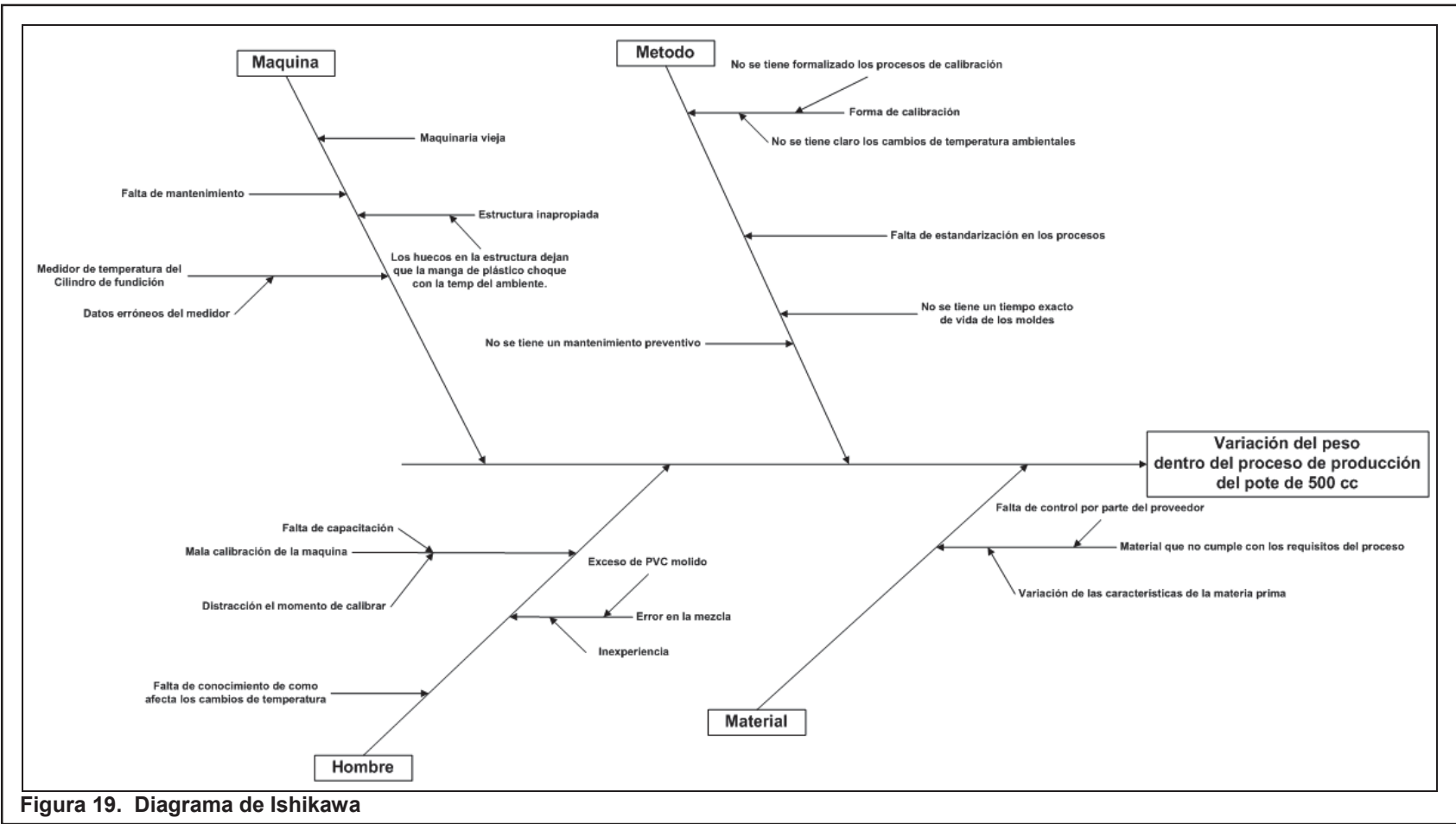


Figura 19. Diagrama de Ishikawa

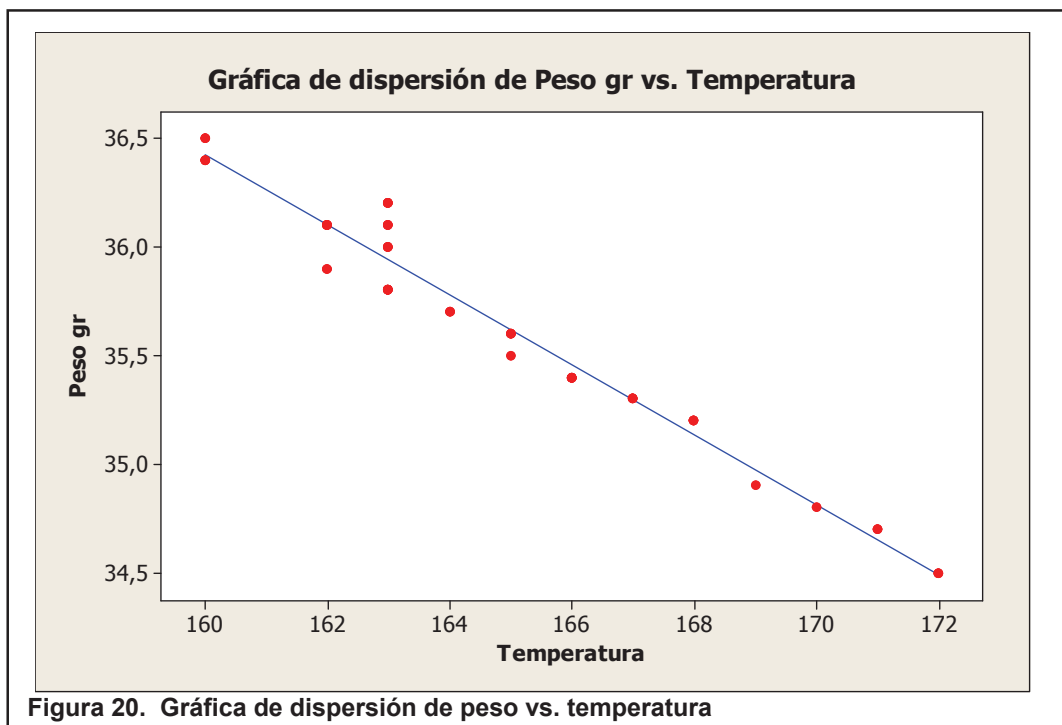
Después del análisis de causa efecto encontramos varias teorías que deben ser validadas y comprobadas mediante un análisis más profundo con el cual podamos verificar si estas causas son las que alteran la variación del proceso.

2.4.2 Selección de Causas Especiales

Una vez realizado el diagrama de Ishikawa, se puede identificar varias causas potenciales que para poder ser analizadas y buscar su causa para encontrar una posible solución.

La causa que influye con más fuerza en la variación que existe es la temperatura tanto de la maquina como del ambiente, y es uno de los que afecta directamente al peso, ya que al cambiar la temperatura las características de índice de elasticidad del producto cambian y esto hace que cambie el grosor de las paredes de los producto haciendo que cambie su peso, además que al salir la manga de plástico fundido del cabezal de extracción choca directamente con la temperatura ambiente haciendo que se contraiga o se expanda dependiendo de si la temperatura es alta o baja.

Para comprobar que la temperatura afecta al peso del producto se hará una prueba de correlación entre estas dos variables para así establecer su relación.



Se observa que existe una clara correlación negativa entre el peso y la temperatura. Una correlación negativa es la relación entre dos variables que muestra que una variable disminuye conforme otra aumenta; en este caso mientras la temperatura disminuye el peso aumenta.

Es lógico que aumente el peso cuando disminuye la temperatura, ya que al aumentar la temperatura la viscosidad del plástico disminuye y hace que las paredes del recipiente sean más gruesas.



Figura 21. Panel de control de la temperatura

Este es el tablero de control que utilizan para subir o bajar la temperatura, como ya se lo menciono estos cambios se los hacen dependiendo de cómo el producto va cambiando de peso durante el día.

Los tableros son calibrados cada año por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), ellos se encargan de proveer los instrumentos de análisis y los procedimientos necesarios para la calibración.

2.5 MEJORA (Improve)

En la etapa anterior se validó la causa principal a la variación del peso, una vez validado la causa se pueden determinar posibles soluciones para reducir la variación del peso y tener resultados exitosos.

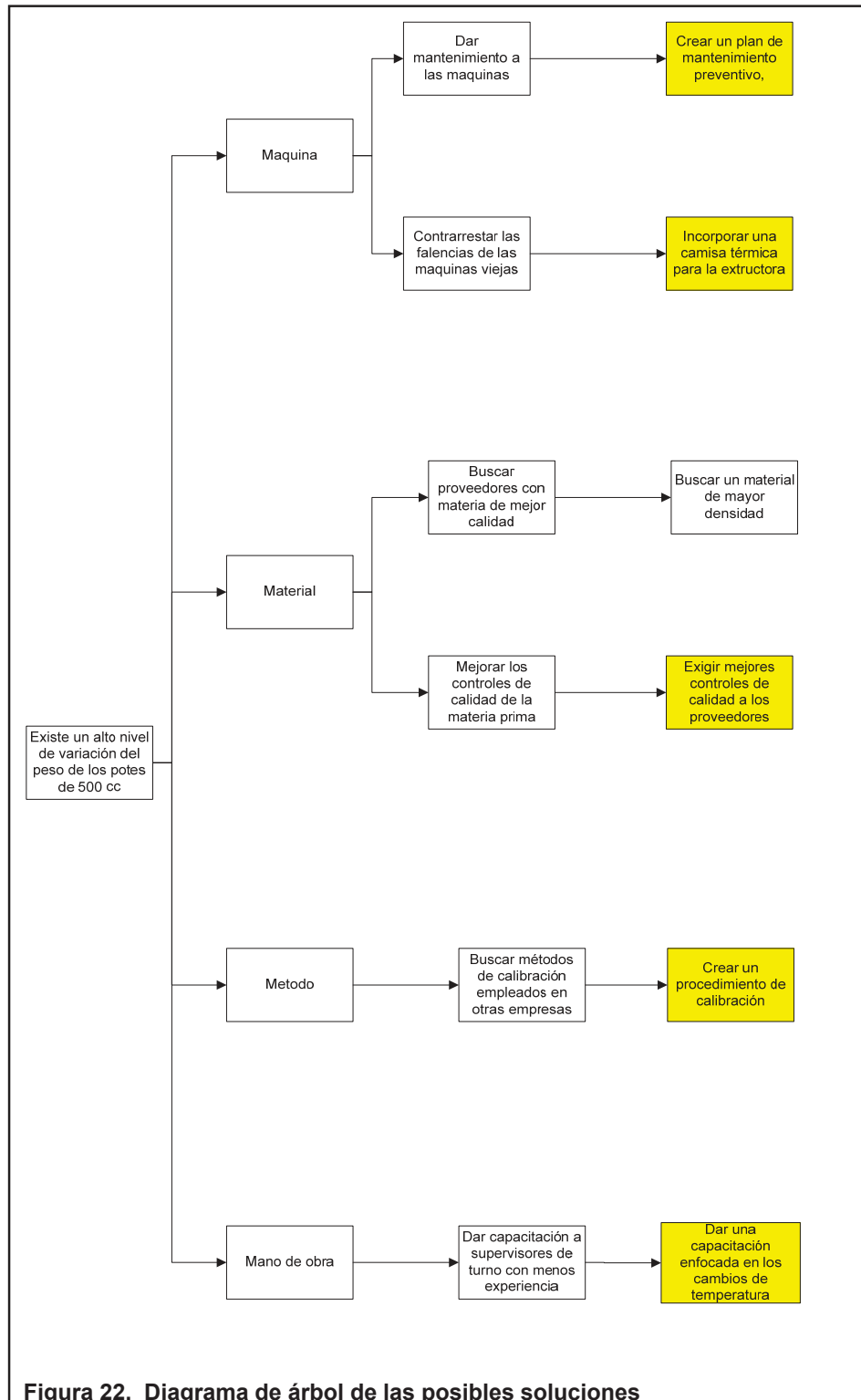
2.5.1 Generar Posibles Soluciones

Para la generación de posibles soluciones se creará un diagrama del árbol, con el cual se analizaran las posibles soluciones, de esta forma la gráfica nos muestra de una manera progresiva como se generan las soluciones.

Como ya se explicó un diagrama de árbol nos permite identificar de forma ordenada lo necesario para lograr un objetivo final.

A continuación se va a descomponer nuestro objetivo en una serie de diferentes actividades para en un futuro realizarlas. Para entender de mejor manera las actividades que se realizaran se las representara en una gráfica con todas las acciones que intervendrán.

El diagrama realizado permitió a los miembros del equipo de trabajo expandir su pensamiento al crear soluciones sin perder de vista el objetivo principal de reducir los niveles de variación de peso.



El diagrama de árbol se creó con un grupo de trabajo de la empresa el cual dio sus ideas para las soluciones al problema. Las soluciones se las separo en los

distintos grupos que están relacionados en el proceso como son: material, maquinaria, método y mano de obra.

2.5.2 Implementación de las Mejoras

Una vez generadas y validadas las soluciones se pretende poner en práctica las mismas, y dar un fin al proyecto en espera de los mejores resultados.

A continuación se presenta una tabla con los planes de acción que se crearon en conjunto con el equipo de trabajo, en esta tabla se detalla las tareas que se deben realizar para lograr los objetivos descritos en la misma. Para que estas tareas sean realizadas sin problemas se crearon responsables para cubrir las mismas de esta forma se puede hacer un seguimiento formal.

Todas estas acciones se tomaron para el proceso que forma los potes de 500 cc, y las personas relacionados al mismo. Ya que todo este estudio se basó solo en ese proceso y como mejorar la variación del mismo, una vez que se vean los resultados de las mejoras se procederá a realizar el estudio para otro producto para así seguir con el mejoramiento continuo.

Dado que es una propuesta para plan de mejora no se implementa hasta en un futuro. No se tiene una cifra exacta de cuanto se eliminará el porcentaje de variabilidad, sin embargo se consultó a una empresa experta en este tipo de proyecto y los cuales respaldan el estimado de porcentaje de mejora.

En el futuro si la empresa decide implementar las mejoras el porcentaje actual de rechazos les servirá como un indicador de mejora.

Tabla 5. Planes de acción

Planes de acción para el plan de mejora									
#	Area de enfoque	#	Objetivo	#	Actividades	Observaciones	Responsable	Seguimiento	Estado
1	Maquina	1,1	Crear un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria.	1,1,1	Determinar el alcance del plan de mantenimiento preventivo.		Departamento de PAD	Q1/2013	Pendiente
				1,1,2	Conseguir los manuales de las maquinas donde se comenzara el mantenimiento preventivo.		Departamento de compras / PAD	Q1/2013	Pendiente
				1,1,3	Crear un cronograma de mantenimiento basado las especificaciones del manual		Jefe de mantenimiento	Q1/2013	Pendiente
		1,2	Incorporar una camisa térmica a la maquina de extracción	1,2,1	Buscar proveedores y cotizar.		Jefe de calidad	jul-12	Listo
				1,2,2	Enviar cotización a alta directiva		Jefe de calidad	Q2/2013	Pendiente
		2	Método	2,1	Crear un procedimiento para la calibración de maquina llamado " Calibración de maquina"	2,1,1	Reunirse con los jefes de turno		Departamento de PAD
2,1,2	Crear un procedimiento estándar.						Departamento de PAD/ Departamento de calidad	oct-12	En marcha
2,2	Crear un procedimiento para la capacitación de nuevos jefes de turno relacionando el nuevo procedimiento de "Calibración de maquina"			2,2,1	Crear procedimiento		Departamento de Calidad	nov-12	Pendiente
3	Mano de obra			3,1	Capacitar al personal sobre la importancia del procedimiento "calibración de maquina" para la calidad del producto	3,1,1	Crear una presentación para la capacitación		Departamento de Calidad
		3,1,2	Crear un cronograma de capacitación para las personas relacionadas.				Departamento de Calidad	nov-12	Pendiente
		3,1,3	Dar las capacitaciones				Departamento de Calidad	nov-12	Pendiente
4	Material	4,1	Hacer una auditoria a los proveedores para ver sus controles de calidad	4,1,1	Contactarse con los proveedores		Departamento de Calidad	Q2/2013	Pendiente
				4,1,2	Crear las reuniones para las auditorias		Departamento de Calidad	Q2/2013	Pendiente
				4,2,2	Realizar las auditorias		Departamento de Calidad	Q3/2013	Pendiente

Total de la inversión	Menor a 10000
------------------------------	---------------

Este plan es fruto de todo lo planteado en el proyecto, que al momento de implementar traerá beneficios para la empresa INPLA S.A., la mayoría de estas actividades deberán ser realizadas por el departamento de calidad pero con el compromiso de la alta directiva y todos los relacionados.

Como podemos observar la inversión no supera los \$10000, y la inversión más alta que deben hacer es la de comprar una camisa térmica que será de \$5000 para la máquina de extrucción, sin embargo esta es la más importante, ya que

la camisa aislaría al proceso de la temperatura ambiente reduciendo drásticamente los niveles de variación del peso del producto.

Dado que por el momento la empresa no consta con los recursos necesarios para la compra de esta camisa se la postergo para el siguiente año. Sin embargo en este trabajo de titulación se creara una simulación de cuanto bajarían la variación para saber si el proyecto es rentable o no.

2.6 CONTROL

Una vez implementado el proyecto y conseguidas las mejoras que se buscaban, se debe idear un ambiente y herramientas ideales que permitan que los resultados obtenidos se mantengan con la misma eficacia a lo largo de los años.

También será importante contar con herramientas que alerten al ocurrir una desviación o error en el proceso establecido.

Es por esto que en esta fase para concluir un proyecto DMAIC, se estandariza todos los resultados obtenidos con el fin de lograr una permanencia en el tiempo de los resultados obtenidos.

2.6.1 Estandarizar las Mejoras

Para lograr que la implementación se mantenga es necesario:

Comunicar y capacitar al personal involucrado, dando a conocer las bases de los sistemas implementados (información detallada en los planes de acción del proyecto). Más allá de la capacitación se debe ir creando un ambiente y una cultura de empresa que sea llevado por una metodología estructurada y siempre enfocada en la mejora continua. (Mann, 2010).

Dar a conocer de una forma más clara cuales son los objetivos de la empresa con respecto a este proyecto de mejora y así comenzar a crear una cultura de mejora continua. Para una empresa es muy importante tener una cultura bien definida ya que es aquello que la va a caracterizar y con lo que va a marcar la diferencia. Para que la cultura de la empresa pueda expresarse, es necesario que no solo la alta gerencia tenga conocimiento sobre los objetivos, sino que todas las personas que conforman la organización, desde los más altos directivos hasta el operario de menor jerarquía dentro de la misma sepan sobre tales. Los objetivos reflejan los pasos que se van a seguir en la empresa. Por lo tanto, es muy importante que todos los integrantes de la organización tengan claro estos factores, ya que si todos van hacia un mismo camino y actúan en función de los mismos objetivos, se reflejará en sus acciones la cultura de la empresa. (Posicionamiento y cultura empresarial, 2002)

Se creará procedimientos estandarizados para diferentes tareas de los operadores que por el momento se los realiza sin fundamentos. El primer procedimiento que se creará "Calibración de maquina", el cual se basa en la calibración total de la máquina, no solo del tablero de control que por el momento se lo hace una vez al año a través del INEN. Con este nuevo procedimiento se podrá hacer calibraciones más seguidas que nos den una mayor confianza en la máquina, además que no solo se verificará los paneles de control también se hará una calibración de los sistemas de calefacción. Una vez que se tengan este procedimiento se procederá a seguir haciendo nuevos procedimientos para las diferentes tareas para de esta forma seguir con el ciclo de mejora continua.

Otra forma de estandarización de la mejora de este proyecto es la mantener el plan de mantenimiento preventivo que se va a realizar, ya que de esta forma aseguramos que las maquinas sean más confiables y regulares en su desempeño. Aunque se va crear el plan de mantenimiento preventivo no se deben quedar solo en eso, también en un futuro se debe buscar formas de mejorar el mismo.

3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de los resultados de un proyecto es fundamental ya que dependiendo de esto se toma la decisión de aplicar o no el proyecto desarrollado. En este capítulo se detallará todo los resultados obtenidos y se los comparará con las inversiones y esfuerzos que se requiera para la aplicación de las mejoras.

Una vez realizado los estudios sabremos qué tan rentable es nuestro proyecto y si justifica la inversión o no; para identificar puntos donde podemos seguir mejorando o reducir desde enfoque financiero.

3.1 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

3.1.1 Costos de Acciones Correctivas y Preventivas

En los cálculos de las acciones correctivas y preventivas no se tomará en cuenta el plan de mantenimiento preventivo, ya que es un tema muy extenso y se creará más adelante un proyecto individual sólo para este tema por parte del departamento de mantenimiento de la empresa. Por esto, sólo se tomará en cuenta los costos la acción preventiva que sería la capacitación y la acción correctiva que es la camisa térmica para la maquina extrusora.

3.1.2 Inversión en la Capacitación del Personal de la Planta

Se capacitará a 6 supervisores de producción, dos horas por día, un día a la semana, durante 7 meses del año, lo cual implica que recibirán 56 horas de capacitación anuales.

Estas 56 horas de capacitación es remunerada para el personal de planta con sobretiempo pagadas al 50% adicional del costo por hora-hombre, es decir \$1,95 x hora.

También se considera los costos por la adecuación de la sala de conferencia con los equipos audiovisuales, suministros de oficina, material de apoyo, refrigerios, etc.

La capacitación se lo realizará mediante una empresa externa experta en el tema para garantizar que el personal obtenga todas las competencias necesarias para afrontar el nuevo reto eficientemente.

3.1.3 Inversión para la Camisa Térmica

La camisa térmica le daría una estabilidad térmica al proceso y la fluctuación de la temperatura del ambiente no le afectara tanto al proceso como ahora. Para esta camisa se cotizó con la empresa mexicana "Yari", la cual en total presupuestó un valor total de \$5.000.

En la Tabla 6 se describen los costos de las acciones a tomar para la empresa.

Tabla 6. Análisis de costo por mejora

ANÁLISIS DE COSTOS POR MEJORA			
ACCIONES CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS	Costo unitario \$	Cantidad	Costo total anual \$
<u>CAPACITACIÓN SOBRE "CALIBRACIÓN"</u>			
Costo de horas sobretiempo	12/charla	28 Charlas	336
OTROS			
Uso de equipos audiovisuales, suministros de oficina, muestras de planta refrigerios, etc.	20/charla	28 Charlas	560
TOTAL CAPACITACIÓN ANUAL			896
<u>COMPRA DE "CAMISA TERMICA"</u>			
Camisa térmica	4650	1	4650
Transporte	200	1	200
Instalación	150	1	150
INVERSIÓN PARA CAMISA TERMICA			5000
<u>TOTAL INVERSIÓN</u>			5896

Como se puede observar en la tabla de “análisis de costos por mejora” se detalla la inversión total que se debe realizar para la implementación de las mejoras propuestas. El plan de capacitación anual corresponde un valor de \$896 y la inversión para la camisa térmica un valor de \$5.000, lo cual significa una inversión total de \$5.896.

3.1.4 Ganancias Estimadas por las Acciones de Mejora

La empresa tiene una producción mensual 132.979 unidades a un costo de \$0,12 por unidad, lo cual significa un costo de producción mensual de \$15.957. El rechazo actual corresponde al 6% de la producción que no cumple con el peso establecido. Lo cual significa una pérdida de 7.979 unidades mensuales a un costo de \$1.277 al precio de venta de \$0,16 por unidad. Es decir, la empresa originalmente vende 125.000 unidades a un precio de \$0,16 por unidad generando un ingreso de \$20.000 mensuales.

Con este proyecto de mejora se estima una reducción del rechazo por peso de 6% al 3% de la producción.¹ Lo que significa un incremento de las unidades de venta en 3.989, con una ganancia mensual adicional de \$638.

¹ La cifra de reducción fue validada por la empresa Qualiplus, experta en proyectos de mejora.

Tabla 7. Flujo de caja

	Año 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Total Anual
Ingreso	\$ 20.000	\$ 20.638	\$ 20.638	\$ 20.638	\$ 20.638	\$ 20.638	\$ 20.638	\$ 20.638	\$ 20.638	\$ 20.638	\$ 20.638	\$ 20.638	\$ 20.638	\$ 247.660
<i>Unidades</i>	125.000	128.990	128.990	128.990	128.990	128.990	128.990	128.990	128.990	128.990	128.990	128.990	128.990	
<i>Precio por unidad</i>	\$ 0,16	\$ 0,16	\$ 0,16	\$ 0,16	\$ 0,16	\$ 0,16	\$ 0,16	\$ 0,16	\$ 0,16	\$ 0,16	\$ 0,16	\$ 0,16	\$ 0,16	
Gastos	\$ 15.957	\$ 15.957	\$ 15.957	\$ 15.957	\$ 15.957	\$ 15.957	\$ 15.957	\$ 15.957	\$ 15.957	\$ 15.957	\$ 15.957	\$ 15.957	\$ 15.957	\$ 191.484
<i>Unidades</i>	132.979	132.979	132.979	132.979	132.979	132.979	132.979	132.979	132.979	132.979	132.979	132.979	132.979	
<i>Precio por Unidad</i>	\$ 0,12	\$ 0,12	\$ 0,12	\$ 0,12	\$ 0,12	\$ 0,12	\$ 0,12	\$ 0,12	\$ 0,12	\$ 0,12	\$ 0,12	\$ 0,12	\$ 0,12	
Unidades Rechazo	7979	3989	3989	3989	3989	3989	3989	3989	3989	3989	3989	3989	3989	
\$\$\$ de rechazo	\$ 1.277	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	
% de rechazo por peso	6%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	
% de reducción de rechazo		50%												
Inversion	\$ 5.896													
Utilidad sin Proyecto		\$ 4.043	\$ 4.043	\$ 4.043	\$ 4.043	\$ 4.043	\$ 4.043	\$ 4.043	\$ 4.043	\$ 4.043	\$ 4.043	\$ 4.043	\$ 4.043	\$ 48.516
Utilidad con Proyecto		\$ 4.681	\$ 4.681	\$ 4.681	\$ 4.681	\$ 4.681	\$ 4.681	\$ 4.681	\$ 4.681	\$ 4.681	\$ 4.681	\$ 4.681	\$ 4.681	\$ 56.176
Ganacias Reducción de Rechazo		\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 638	\$ 7.660

Como se observa en la tabla 7, con el proyecto la utilidad anual incrementa en \$7.660 comparado con la utilidad sin proyecto. Es decir este beneficio adicional generado por la implementación del proyecto de mejora significa un 30% más del gasto en inversión.

3.2 CONCLUSIONES DEL SOBRE EL ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO

Los resultados obtenidos del análisis económico son los siguientes:

- Para poder implementar las mejoras se requiere de una inversión inicial de \$5.896 con lo cual se podrá cubrir los planes descritos en la tabla 6 de “Análisis de costo por mejora”.
- Como nos muestra la Tabla 7 “Flujo de caja” podemos ver que mensualmente significa un ahorro de \$638, lo cual al año representa un ahorro de: \$7.660 suficiente para recuperar la inversión inicial.
- Como se puede ver la inversión se recuperaría a en el primer año de implementación del proyecto, y con esta información la alta dirección de INPLA S.A. puede tomar la decisión de si se implementa o no el proyecto de mejora.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Se cumplió en un 100% con el objetivo general de la tesis el cual era “Diseñar un plan para el mejoramiento de los procesos de producción de plástico de la empresa INPLA S.A. a través del uso de herramientas estadísticas dadas por la metodología de Seis Sigma.”, ya que se tiene un plan de mejoramiento y el estudio que llevo al mismo utilizando las herramientas dadas por la metodología de Seis Sigma.
- Se hizo el levantamiento del proceso de producción del proceso a estudiar con un análisis del mismo para encontrar oportunidades de mejora del proceso y por ende de la empresa.
- Se crearon planes acción para la mejora del proceso, una vez analizado los resultados del estudio, con lo cual se cumple con los objetivos planteados en la tesis.
- Una vez realizado el estudio se realizó el análisis costo – beneficio, de esta forma la alta dirección de la empresa tiene fundamentos para tomar una decisión si es rentable o no el implementar estas mejoras, y a su vez se cumplió con el objetivo de realizar este estudio.
- Con la creación de esta tesis el personal de la empresa INPLA S.A. tienen una mejor idea de donde se encuentran los principales problemas dentro del proceso de producción y tiene una idea clara de las acciones que se deben tomar para mejorar la variación del mismo.
- La variación del peso del producto es un problema crítico, ya que si el peso es alto se está perdiendo material y se eleva el costo del producto con lo cual la empresa está perdiendo ingresos. Por otro lado si el peso

del producto es menor al establecido el cliente está pagando por un producto con diferentes características y a su vez puede afectar a otras características del producto como son dureza y resistencia, lo cual crea desconfianza en el cliente y problemas en la negociación.

- Gracias a la implementación del DMAIC y el apoyo de todo el personal del departamento y calidad de la empresa se logró un análisis enfocado y profundo que nos abre paso a levantar posibles soluciones a los problemas de variación dentro del proceso, los cuales fueron plasmados en los planes de acción.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para que la implementación de este proyecto tenga éxito es muy importante que exista un compromiso de la alta dirección de la empresa y que este compromiso sea transmitido a todos los niveles de la empresa.
- Es muy importante que el personal a cargo de la implementación del proyecto conozca a profundidad de las herramientas que se utilizan y los pasos a seguir en cada uno de los puntos del proyecto. También se recomienda que se recurra a la ayuda de un experto en el tema para el seguimiento del proyecto.
- Una vez comenzado el proyecto es vital que se busque otros puntos a mejorar y no conformarse con resultados regulares, para seguir el ciclo de mejora continua.

REFERENCIAS

1. Barbara Wheat, C. M. (2003). *Seis Sigma. Una parábola sobre el camino hacia la excelencia y una empresa "esbelta"*. Bogota: Grupo Editorial Norma.
2. Dirección General de Planeación y Desarrollo en Salud. (2010). *Biblioteca Virtual: Dirección General de Planeación y Desarrollo en Salud*. Recuperado el 2012, de Sitio Oficial de la Dirección General de Planeación y Desarrollo: <http://www.dgplades.salud.gob.mx/>
3. Fundibeq. (s.f.). *Fundibeq*. Recuperado el 2012, de Fundibeq: http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama_de_pareto.pdf
4. iecsllearning. (s.f.). *iecslearning*. Obtenido de iecs: <http://www.iecslearning.com.mx/mod/glossary/view.php?id=3>
5. Mann, S. P.-D. (2010). *Creating a lean culture*. New York: Taylor & Francis Group.
6. Moura, E. C. (2010). *Formación de Especialistas Six Sigma Green Belt*. Quito: MOURA/QUALI.
7. Moura, E. C. (2010). *Lean Production: Fundamentos del Sistema Toyota de Producción*. Quito: MOURA/QUALI.
8. *Posicionamiento y cultura empresarial*. (1 de Julio de 2002). Recuperado el 25 de 07 de 2012, de Gestipolis: <http://www.gestipolis.com/recursos/documentos/fulldocs/mar/mtuch.htm>